

1- GEOTECNIA

1-1- DEFINICIONES.

Geotecnia es la aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurren en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su cabal desarrollo requiere la aplicación de diferentes campos del conocimiento, entre ellos, la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología y las ciencias relacionadas.

1.2 PROBLEMAS QUE SE PLANTEAN EN LA PRÁCTICA DE LA GEOTECNIA.

a. Taludes.

La infraestructura, el urbanismo y las edificaciones en áreas pendientes requieren movimientos de tierra para adecuación de terrenos. Estas actividades dan como resultado taludes de corte y de relleno, pendientes y altos, donde es necesario optimizar el espacio útil, o requieren estructuras de contención. Los taludes y laderas naturales sufren inestabilidad y ocasionan problemas graves con pérdidas económicas y de vidas.

b. Estructuras en tierra

Cuando se construyen estructuras en suelos granulares o plásticos para la adecuación de terrenos en un proyecto vial, una conducción de agua o una edificación, son necesarias estructura o terraplenes con materiales con las características geomecánicas de diseño. Para lograrlo es necesario realizar el control de la humedad, verificar el grado de compactación, la estabilidad volumétrica y la resistencia del suelo. Estos valores se verifican por medio de los ensayos de campo y laboratorio sobre especímenes tomados de la estructura y los análisis de estabilidad física y volumétrica.

c. Estabilidad de estructuras

Los problemas de la capacidad portante de suelos de una cimentación, los asentamientos, la interacción suelo estructura, los empujes que soporta una estructura y los esfuerzos por presiones de agua, son abordados por la geotecnia. Se incluye la estabilidad de estructuras afectadas por la socavación en ríos.

d. Drenajes



Figura 1.1 Los problemas vinculados con la construcción de un terraplén incluyen el manejo de aguas superficiales y subsuperficiales, de taludes, de estructuras de contención, la estabilidad volumétrica del suelo, el tratamiento de cauces y el establecimiento de coberturas vegetales. (Fotografía. Carlos E. Escobar P.)

Las estructuras hidráulicas son el soporte de la estabilidad de estructuras como vías, áreas urbanas, tratamientos de taludes, y su omisión o las fallas que se pueden presentar en una estructura hidráulica son causas de problemas graves. De ahí que las soluciones de geotecnia incluyen la determinación de los caudales de las aguas de escorrentía, el dimensionado de las estructuras hidráulicas y de los descoles.

e. Subdrenajes.

Los elementos de subdrenaje contribuyen a la estabilidad de estructuras como vías, muros de contención, pantallas ancladas y taludes, todos conservan su estabilidad en el tiempo gracias a la acción de los elementos de subdrenaje, cuando controlan la fluctuación de los niveles freáticos y las presiones de poro.

1.3 LA EROSIÓN COMO PROCESO GEOMORFOLÓGICO.¹

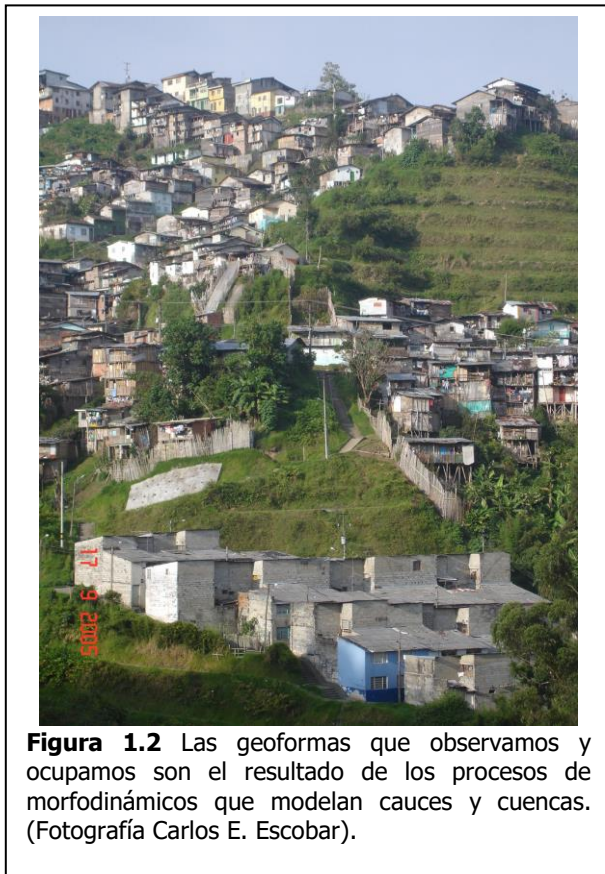


Figura 1.2 Las geoformas que observamos y ocupamos son el resultado de los procesos de morfodinámicos que modelan cauces y cuencas. (Fotografía Carlos E. Escobar).

Los procesos de modelado del relieve están asociados a factores vinculados al clima, las geoformas, las coberturas vegetales, entre otros; los procesos que intervienen en ellos y sus manifestaciones son diferentes. Identificar adecuadamente las causas, la magnitud y el tipo de proceso, permiten plantear el modelo físico de análisis, al identificar origen y severidad de las causas y adoptar las soluciones al problema. Se estudian los conceptos básicos sobre las causas, los mecanismos y efectos de los procesos morfodinámicos, a la vez que se analizan los factores clima, la hidráulica, la hidrología y la geomorfología fluvial, que los originan y modelan.

La Denudación

Todas las formas del relieve que observamos son transitorias y se deben a la acción antagónica de dos tipos de procesos: los internos, que crean montañas, valles y otras formas del relieve y los externos que tratan de reducir a un nivel común esas geoformas.

Las rocas expuestas en el exterior de la corteza terrestre deformadas y fracturadas por diversas fuerzas de orden natural, quedan sujetas a la acción del agua, el clima, los organismos vivos y la materia orgánica, desintegrándose y descomponiéndose por la acción de la meteorización. Los productos de esa alteración, son entonces desalojados y transportados por los agentes de erosión, los movimientos en masa, los flujos y otros desplazamientos del terreno,

¹ Montero, J 1995. Adaptado del capítulo del manual de control de erosión de Corpocaldas.

fenómenos que constituyen procesos naturales del ciclo geomórfico, conocidos colectivamente como "denudación".

1.3.1 La Erosión.

La erosión es el desalojo, transporte y depósito de los materiales sueltos de la superficie terrestre, por la acción del agua, el viento y el hielo, con la contribución de la gravedad la cual actúa como fuerza direccional selectiva. Esa acción permanente de la denudación sobre la tierra, es la responsable de la formación de los valles, las montañas y otras formas de relieve, las cuales experimentan cambios constantes, bajo la acción de las lluvias, el viento y la fuerza de gravedad, moderados en parte por la cobertura vegetal.

Cuando la erosión actúa a una tasa mayor que la impuesta por los agentes naturales, como consecuencia de actividades antrópicas, principalmente por deforestación, la agricultura, la expansión de áreas urbanas, los proyectos de ingeniería y muchas prácticas de uso y manejo del suelo, se presenta la erosión acelerada o "erosión antrópica", modalidad que constituye impactos negativos a los ecosistemas.

Dentro de los daños ambientales es conveniente considerar no solo los que producen las obras civiles, sino también, los relacionados con las actividades antrópicas. Aunque aparentemente la reducción del nivel de la tierra por erosión es muy pequeña comparada con el transcurso de una vida humana (10 cm cada 100 años), la eliminación permanente de la capa más superficial, despoja al suelo de la materia orgánica y de su porción más fina, y con ello, de las sustancias que nutren las plantas. Además esta capa empobrecida de suelo infértil es muy sensible a la erosión.

La renovación de un suelo que ha perdido su capa orgánica, constituye un proceso sumamente lento; según investigaciones de la FAO, pueden transcurrir entre 200 y 400 años para que se forme un centímetro de suelo en un terreno arenoso. (Ortiz, 1986); en contraste, la desertificación de una región donde los suelos son mal manejados, solo tarda algunos años.

Al tratar el tema de la erosión hídrica, es conveniente considerar tres aspectos:

- 1) Las geoformas denudativas creadas por erosión y los procesos de inestabilidad asociados.
- 2) El destino de los materiales desalojados, los cuales generalmente se involucran en procesos de transporte en masa.
- 3) Los procesos de sedimentación y consiguiente colmatación de los cauces naturales.

1.3.2 La Remoción en masa.

Este término abarca un conjunto de procesos debidos a transposición directa de materiales de la tierra por acción de la gravedad. Se consideran dos tipos de movimientos: "desplazamiento en masa", relativo a la movilización descendente de materiales hacia los drenajes naturales, en forma lenta o rápida y en estado relativamente sólido, y "transporte en masa", referido a movimientos rápidos a extremadamente rápidos, de mezclas viscosas de agua y materiales térreos a lo largo de cauces naturales o por el fondo de las depresiones del terreno (Montero 1995).

En el "desplazamiento en masa", las masas afectadas no se desintegran, o muy poco, durante la transferencia, y el carácter de los materiales es esencialmente sólido; mientras que en el "transporte en masa", los componentes inicialmente en estado sólido, se desintegran y se mezclan con agua, y luego se desplazan en estado viscoso. (Montero, 1.991).

Esta diferenciación permite enfocar mejor el análisis de estos procesos; los desplazamientos en masa obedecen esencialmente las leyes de la mecánica de sólidos, mientras que, los procesos de transporte en masa, se rigen por principios de la hidráulica y la mecánica de fluidos. En realidad los procesos de transporte en masa podrían considerarse más bien como procesos de transición entre la erosión hídrica y los desplazamientos en masa y tienen mucho que ver con el destino de los materiales desalojados por erosión hídrica superficial.

1.3.3 Interacción de los procesos denudativos.

Como procesos naturales, los procesos de remoción en masa intervienen conjuntamente con la erosión en la formación de los valles y el modelado general del relieve, y de igual manera que la erosión, su actividad es mucho mayor, cuando intervienen factores inducidos por el hombre.

Es muy significativo que la erosión constituye el principal mecanismo detonante o activador de los deslizamientos y otros procesos de remoción en masa, razón por la cual, se consideran prioritarias todas las acciones encaminadas a prevenir y controlar este tipo de procesos.

Los procesos de denudación en general, permiten el desplazamiento de grandes volúmenes de regolito hacia la parte baja de las laderas, incorporando estos desechos a la carga de sedimentos transportados por las corrientes. Y en general, en cuencas intervenidas por el hombre, el volumen de esos escombros es considerablemente superior al de los sedimentos normales que llegan a los ríos de cuencas protegidas, produciendo obstrucciones, taponamientos y otros daños a los ecosistemas, que se podrían prevenir y controlar.

1.4 EL CLIMA Y LA VEGETACION

1.4.1 El Clima.

Elementos y Factores.

El clima puede definirse como el comportamiento anual promedio de los elementos de la atmósfera tales como la temperatura, el viento, la presión, la humedad y la precipitación. Se modifica de manera permanente por los factores de latitud (temperatura), altitud, vientos y vegetación, entre otros. Tomado de IGAC (1989).

En relación con los procesos de inestabilidad, la cantidad y distribución de la precipitación durante el año, el tipo y densidad de la cobertura vegetal y el balance hídrico, constituyen los factores climáticos de mayor interés.

Los factores y elementos del clima se pueden agrupar en dos conjuntos básicos: la circulación de los vientos y el relieve, tal como se presenta en la Tabla 1.1 Clasificación del Clima. Dentro de las clasificaciones del clima, tal vez la más conocida es la de KÖPPEN. Se soporta en dos elementos esenciales del clima: la temperatura y la precipitación y considera seis tipos de clima, tal como se presenta de forma muy resumida en la tabla 1.2.

Tabla 1.1 Factores y Elementos del Clima.

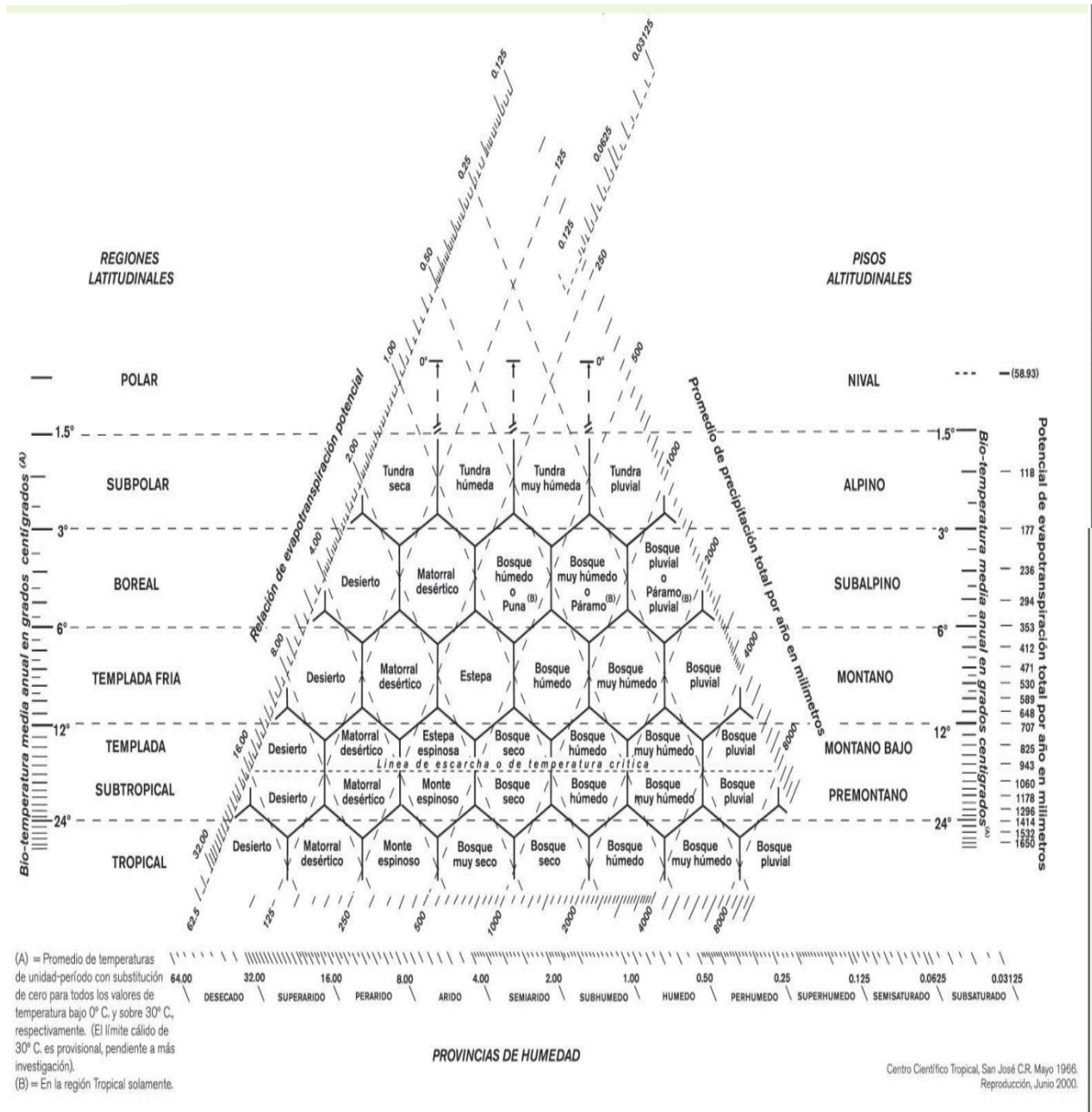
Factores	Incidencia
Circulación de los vientos	La temperatura es más alta en el Ecuador donde los rayos del sol inciden verticalmente. El aire asciende en la zona Ecuatorial originando zonas de baja presión; luego desciende frío en los polos donde origina zonas de alta presión y regresa al Ecuador. Estos intercambios térmicos producen vientos dominantes que soplan desde los polos hacia el Ecuador. El enfrentamiento de estos vientos origina un cinturón de baja presión llamado Cinturón de Convergencia Intertropical CIT el cual se desplaza latitudinalmente entre los trópicos, dependiendo del plano orbital solar: septentrional en Julio-Agosto y austral en Febrero. El paso del CIT produce tiempo lluvioso o ciclónico y su ausencia tiempo seco o anticlónico.
Relieve	<p>-Las masas de aire chocan con el pie de monte y las montañas lo cual las obliga a ascender. En consecuencia se enfrían, condensan y precipitan, produciendo respectivamente lluvias pre-orogénicas y orogénicas.</p> <p>-Las lluvias se distribuyen espacialmente, dependiendo de la altura de las montañas.</p> <p>-Debido al ascenso de las nubes cargadas de humedad, su condensación se produce a determinada altura, originando una faja lluviosa denominada "óptimo pluviométrico", por encima del cual las lluvias, por lo general, disminuyen.</p> <p>-En el Trópico, el gradiente altitudinal, reproduce, de manera algo irregular y en cortas distancias, toda la gama de ambientes de vegetación que están esparcidos en otras partes del mundo, en largas distancias de acuerdo al gradiente latitudinal.</p>

Tabla 1.2 Clasificación del Clima según KÖPPEN

Nombre-Letra	Temperatura y Precipitación	Tipos de Vegetación
Tropical > lluvioso A	18°C, todo el año Lluvias abundantes	Vegetación de Selvas, bosques y sabanas.
Seco B	Grandes variaciones Balance hídrico negativo. Evap. > Precip	Vegetación muy escasa
Templado Húmedo C	Mes más frío < 18°C > -3°C; una estación lluviosa.	Vegetación de bosque y matorral.
Frío Húmedo D	Mes más caliente >10°C más frío <-3°C; pocas lluvias y nieve.	Vegetación de bosque frío.
Polar E	Mes más caliente <10°C pocas lluvias; nieve.	Sin árboles.
Vertical o de Montaña H	Desciende con la altitud; lluvias mayores en zona de Barlovento	Vegetación variada según el piso térmico

1.4.2 Vegetación y Zonas de Vida.

Holdridge (1987), elaboró una clasificación del clima, que tiene en cuenta básicamente las formaciones vegetales típicas de las diferentes regiones latitudinales y pisos altitudinales para diferentes provincias de humedad. La figura 1.3 presenta las zonas de vida propuestas por Holdridge.



Zonas de vida de Holdridge

Figura 1.3 Zonas de vida según HOLD

Esta clasificación es muy significativa puesto que tiene en cuenta la armonía que debe existir entre las comunidades biológicas y el entorno físico de los diferentes ecosistemas del mundo, cuyo estudio tiene profundas aplicaciones en la preservación del medio ambiente.

Cada zona de vida está representada por un hexágono que caracteriza valores específicos de biotemperatura, precipitación y humedad.

La temperatura se mide con el termómetro. Esta medición permite apreciar los efectos de la radiación solar y de las masas de aire. Se tiene en cuenta además el rango de temperatura dentro del cual crecen las plantas, (entre 0°C y 30°C), es decir la "biotemperatura".

Para determinar la precipitación, se toma el promedio de los últimos 10 años expresado en milímetros y los distintos pisos altitudinales que correspondan, representan diferentes asociaciones de vegetación.

Finalmente la humedad se establece con base en la evaporación potencial, la cual es definida por Holdridge (op.cit) como "la cantidad teórica de agua, que podría ser cedida a la atmósfera por la cobertura natural del área, en un clima zonal y un suelo zonal, si existiera agua suficiente, pero no excesiva, durante toda la estación de crecimiento".

En el diagrama de la Figura 1.3 las líneas guías de la evapotranspiración potencial, se cruzan con la de temperatura y precipitación, para determinar los puntos medios de los lados de los hexágonos de cada zona de vida. Las provincias de humedad corresponden entonces a las bandas regionales latitudinales y altitudinales, demarcadas por pares de líneas guía de evapotranspiración potencial.

1.4.3 Clima, vegetación y tasas de erosión.

Al plantear el papel de la cobertura vegetal natural Kirkby (1994), compara el efecto de las lluvias para varios ambientes climáticos y la tasa de erosión esperada, según el tipo y densidad de la vegetación en cada región. Con el incremento en la precipitación, aumentan tanto el escurrimiento que produce erosión, como la vegetación que la previene. En la Figura 1.4 se presenta la variación de la tasa de erosión hídrica y eólica para varios climas representativos, considerando el papel de las coberturas y de los cultivos.

Considerando la erosión hídrica en los desiertos o regiones áridas, con precipitación inferior a los 250 mm-año y vegetación muy escasa, se puede presentar erosión severa si ocurren aguaceros intensos; en zonas semiáridas (sabanas y estepas), con precipitación entre 250 y 500 mm-año, aparece una cubierta vegetal de pastizales y matorrales, con alguna efectividad para prevenir la erosión, pero la escorrentía se incrementa de tal manera que, el balance entre la mayor escorrentía, que favorece la erosión, y la protección de la cobertura que la limita, se traduce en una tasa de erosión máxima, en comparación con otros ambientes.

En los bosques tropicales la cobertura es óptima y la tasa de erosión disminuye en principio, pero se incrementa nuevamente donde la precipitación es intensa, sin alcanzar, sin embargo, el ritmo observado en las zonas semiáridas.

En términos generales, se aprecia un incremento en la erosión con la mayor precipitación, y una disminución, con la mayor cobertura. Y es razonable pensar que, cuando la cobertura natural es intervenida para labores agrícolas u otros usos, la erosión en general se incrementa, en mayor o menor medida, dependiendo del tipo de intervención y de la influencia que puedan tener las prácticas de manejo.

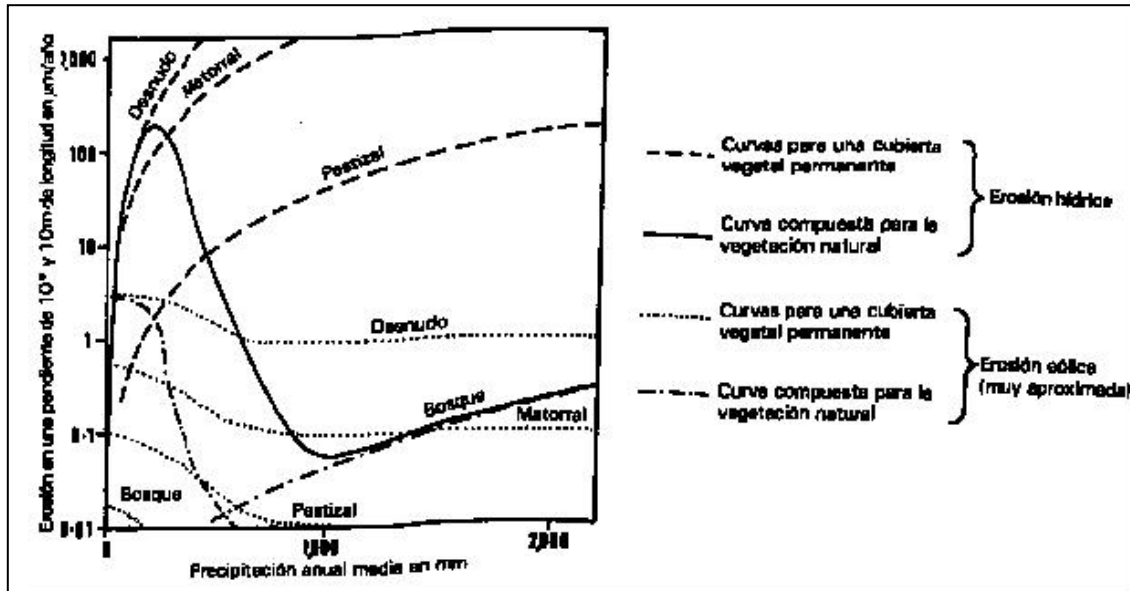


Figura 1.4 Tasas de erosión en función de precipitación y cobertura Tomado de Kirkby, 1994

En las zonas semiáridas no perturbadas, las tasas de erosión se incrementan más con las lluvias que en otras regiones, y es difícil separar los cambios naturales de los inducidos por el hombre. (Kirkby, op. cit.). En cambio, en las zonas subtropicales y tropicales, se ha reconocido ampliamente que la deforestación, el sobrepastoreo y en general los cambios en el uso y el manejo del suelo, contribuyen más al incremento de la erosión y de la denudación general, que el incremento mismo de la lluvia.

Este efecto es más sensible en las regiones montañosas de bosque húmedo, donde las pendientes son altas y la capa de suelo orgánico es extremadamente frágil a la acción del intemperismo por los ciclos de secado y humectación.

1.5 CICLO HIDROLÓGICO

Se describe el ciclo hidrológico como generador de lluvias que son factores contribuyentes y detonantes de los procesos de degradación, de gran interés en la ingeniería geotécnica. Las lluvias están íntimamente ligadas a los procesos de erosión e inestabilidad, razón por la cual se trata como punto importante.

La mayor parte de la precipitación que cae sobre la tierra retorna a la atmósfera por evaporación y transpiración, otra se infiltra para alimentar el agua subterránea y el resto escurre, bien sobre las laderas en forma de aguas de escorrentía, o bien se infiltra por la capa superior más suelta del suelo, cerca de superficie, como escurrimiento subsuperficial.

Alguna parte del agua subterránea emerge más tarde adicionándose también al escurrimiento. Estas aguas alimentan los drenajes naturales y llegan al océano, de donde se evaporan nuevamente para reiniciar el proceso.

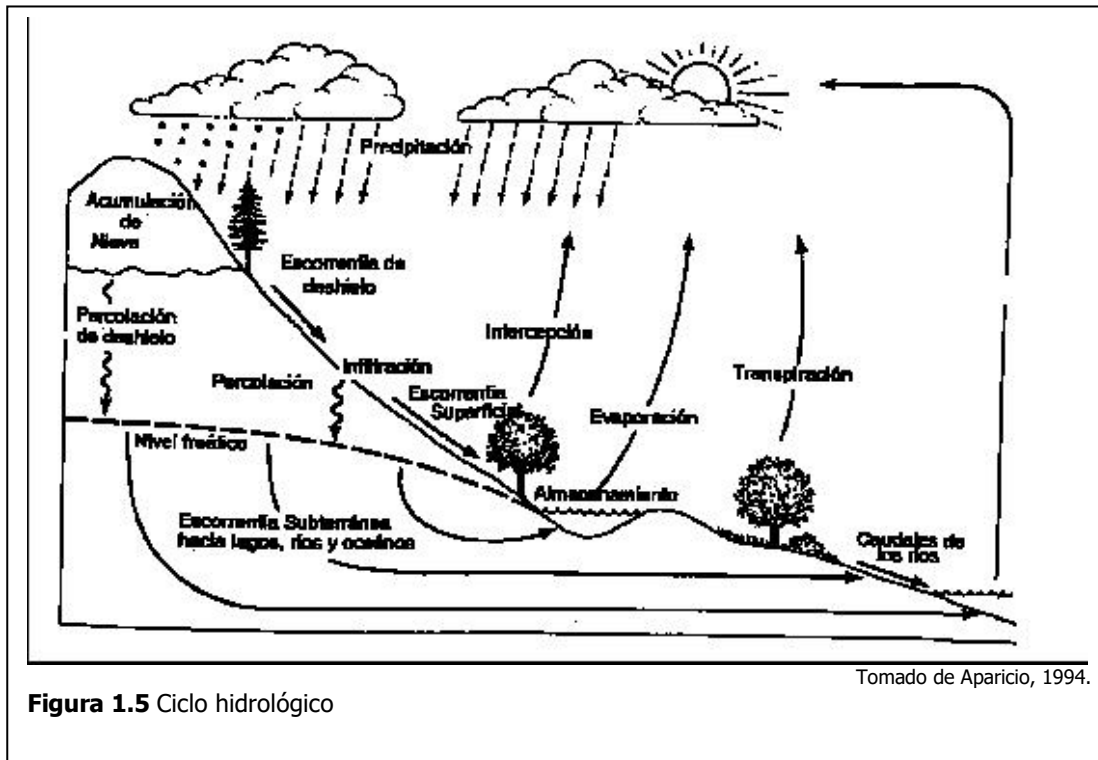


Figura 1.5 Ciclo hidrológico

La figura 1.5 presenta un esquema del ciclo hidrológico.

En los climas húmedos, cerca de una tercera parte de la precipitación forma el escurrimiento superficial, directo o indirecto. En cualquier lugar sin embargo, la

proporción que corresponde a este tipo de escurrimiento, puede aumentar considerablemente si se presentan aguaceros muy intensos y el terreno está desprovisto de vegetación, especialmente si el suelo es poco permeable y la pendiente es muy fuerte.

Y en cuanto a los pozos subterráneos, la eficiencia depende no solo de la permeabilidad de las rocas de los acuíferos detectados, sino también de su recarga, lo que finalmente lleva a la precipitación. En Colombia, la eficiencia de un pozo de la Guajira, estimada en 1 litro por segundo y por kilómetro cuadrado en el Estudio Nacional del Agua, IDEAM (2014), es cien veces inferior a la de un pozo de la Región Pacífico o 26 veces menor que la de uno de la Región Andina.

La anterior es la razón por la cual, en cuencas hidrográficas intervenidas por deforestación y prácticas inadecuadas de manejo del suelo, el exceso de escorrentía durante precipitaciones intensas provoca no solamente erosión hídrica severa, sino el incremento desmedido de los caudales líquidos y sólidos, adquieren mayor poder de erosión y ocasionan inundaciones y otros desastres.

Dado que la concentración de isótopos de oxígeno contenida en la atmósfera varía con la altitud, para elaborar los modelos hidrogeológicos suele valorarse dicha concentración isotópica en las aguas

subterráneas emergentes cuando son capturadas en los manantiales, para inferir con la diferencia de altitud involucrada el camino recorrido y tiempo de permanencia de las aguas infiltradas.

Y en cuanto a la minería que hoy amenaza los ecosistemas en los bosques alto-andinos y páramos de Colombia, debe advertirse el impacto nefasto de las perforaciones exploratorias, destruyendo acuíferos naturales al afectar la circulación de las aguas de infiltración, por alterar las cuencas hidrogeológicas, permitiéndose con ello la contaminación de cuencas hidrogeológicas vecinas cuando dichas aguas profundas emergen ya alteradas alimentando los manantiales.

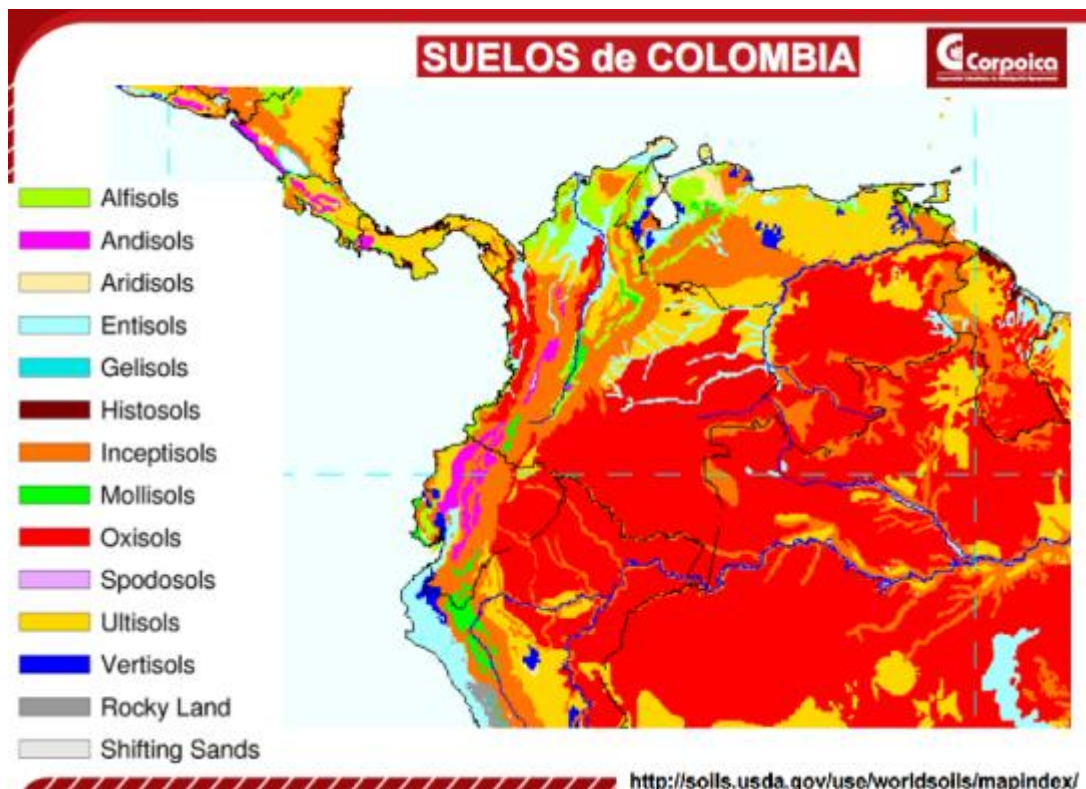
La Ecuación del Ciclo Hidrológico es:

$$\text{Precipitación} + \text{Condensación} = \text{Escorrentía} + \text{Infiltración} + \text{Evaporación} + \text{Transpiración}$$

De la Ecuación, donde suelen medirse la Precipitación y la Escorrentía, y considerarse la Evapo-Transpiración como una variable conjunta, suele desconocerse la Condensación, pese a ser una variable fundamental sin la cual no se puede comprender el papel de los bosques de niebla y la presencia de las aguas subterráneas en paisajes cársticos de zonas desérticas.

1.6 NUESTROS SUELOS Y ROCAS

1.6.1- LOS SUELOS DE COLOMBIA



RESUMEN: Los elementos biofísicos que conforman las regiones naturales de Colombia, cambian: mientras en el ecosistema de sabana tropical semi-seca de la Orinoquía aparecen los suelos más viejos del país, en la húmeda Amazonía y en el lluvioso Andén del Pacífico, las altas precipitaciones afectan su desarrollo; entre tanto, en la región Caribe donde la asimetría de varios factores como relieve y clima explica contrastes como los de la Guajira respecto a la región Momposina, también en la región Andina gracias al régimen bimodal de climas variados, paisajes de montaña, altiplanicies y valles, se han formado suelos en su mayoría son jóvenes, de mediana fertilidad natural y ligera acidez; finalmente, mientras en la región insular del pacífico no hay presencia de suelos en el archipiélago la mayoría son fértiles y bien drenado.

El suelo se forma por la descomposición de las rocas por acción del aire, del calor, del frío y de la lluvia. Las cordilleras andinas son jóvenes y sus suelos no tienen la madurez ni la estabilidad de los suelos de la plataforma africana. Una hectárea en la sabana de Bogotá es 24 veces más productiva que una hectárea promedio en los Llanos Orientales, suelos, estos últimos, lateríticos (presencia de óxidos).

Igualmente los del Chocó y la Amazonía, están lixiviados por las intensas lluvias. De estas dos regiones sus suelos tendrán vocación para la ganadería extensiva, para la agricultura de subsistencia y para la silvicultura. En la zona andina se demandan prácticas para un uso y manejo adecuados de sus suelos inestables pero productivos.

Mientras los suelos de la alta cordillera Central, gracias a la precaria precipitación, pese a su altitud también son 10 veces más productivos que los de la altillanura, los del Magdalena Centro aunque podrían duplicar en productividad los de la Sabana, sin sistemas de riego y de control de inundaciones no se pueden aprovechar donde el NAF sea bajo al estar afectados por inundaciones que expresan el descontrol hídrico y pluviométrico de la cuenca del Magdalena.

Para el caso del Cauca, pese a la moderada precipitación anual y conveniente topografía, una fuerte limitante es la mala distribución de las lluvias a lo largo del año y la otra la presencia de bauxitas. En el Eje Cafetero, los suelos que se han formado bajo la influencia de cenizas volcánicas, presentan mucha profundidad y fertilidad media.

En la ecorregión del Eje Cafetero, los mejores suelos son los francos con un Ph entre 5 y 6, que tengan más del 8% de humus, y que por ser francos, al poseer una buena proporción de arena, limos y arcillas, presentan permeabilidad moderada y penetrabilidad de las raíces. Aunque en su mayor proporción provienen de cenizas volcánicas andesíticas relativamente jóvenes, dada su baja evolución son en general de fertilidad natural moderada. La mayor demanda de estos suelos, es fósforo (P), potasio (K) y nitrógeno (N), y en menor proporción elementos como Mg, Ca, S, Fe, Zn y Cu.

En suelos de pendiente moderada con usos agropecuarios, se requieren prácticas agroforestales y silvopastoriles. En fuertes pendientes, si el uso es para la agricultura, se deben evitar cultivos rotativos, y en algunos tenerse en cuenta prácticas de conservación (bosques, productores y no productores).

Por su alta productividad, en Colombia sobresalen las siguientes regiones:

- Valle del Cauca (desde Cartago hasta Cali).
- Valle del Magdalena (alto, medio, bajo).
- Valle del Sinú y San Jorge (unidad que incluye a Urabá).
- Altiplano Cundiboyacense (incluye la sabana).
- Región entre Túquerres e Ipiales.
- Zona Cafetera (desde Caicedonia a Andes).
- Región entre Sonsón y Félix hasta Roncesvalles y Las Herosas.

Ahora, para comprender lo anterior, veamos los factores de evolución y formación de los suelos, donde intervienen la condición biodiversa de la zona ecuatorial, el clima y relieve andino, la variedad litológica y juventud de nuestras montañas:

– El material Parental. La porosidad, la permeabilidad, la constitución, etc., de la roca madre. La roca subyacente determina buen número de las características de los suelos y sobre todo de los suelos jóvenes, mientras los horizontes superficiales se forman a partir de materiales de aporte, ajenos a la roca subyacente. Las propiedades químicas del material tienen una gran influencia sobre la evolución del suelo. Los suelos formados sobre rocas ricas en bases que a menudo presentan arcillas tipo illita o montmorillonita, son ricos en humus y más fértiles, mientras las rocas ácidas pueden dar origen a suelos con arcilla tipo caolinita o vermiculita, en general más lixiviados y más pobres que los anteriores.

– Tiempo (cronológico). Se puede hablar de suelo maduro o joven, pues el clímax en la formación de un suelo demanda de decenas a miles de años. La duración puede intervenir como un factor de diferenciación, de tres maneras: a) las propiedades del suelo varían en función de la hora (temperatura, contenido de CO₂ atmosférico y actividad de elementos vivos. b) En función de la estación, el contenido de agua, de nitrógeno nítrico, el pH, etc. c) Por último, en el transcurso de los años, pues un suelo pasa por las fases de juventud, madurez y senilidad. Además el clima de la Tierra cambia a largo plazo.

– Topografía. Porque de divisorias, vaguadas, valles y pendientes del terreno, depende su drenaje y la orientación de la ladera, siendo más favorable la que recibe el Sol matutino. Topografía. Porque de divisorias, vaguadas, valles y pendientes del terreno, depende su drenaje y la orientación de la ladera, siendo más favorable la que recibe el Sol matutino. Además en los flancos de los valles los espesores son menores que en las mesetas y hondonadas. No debe olvidarse que la topografía es a la vez una manifestación particularmente evidente de variaciones de edad, clima y roca.

– Formadores biológicos. La microflora y la microfauna son fuente de humus y la dependencia suelo-fauna, resulta vital para la acción bacteriana. Algunos de estos seres son los transformadores iniciales de la energía química para la evolución del suelo y otros utilizan

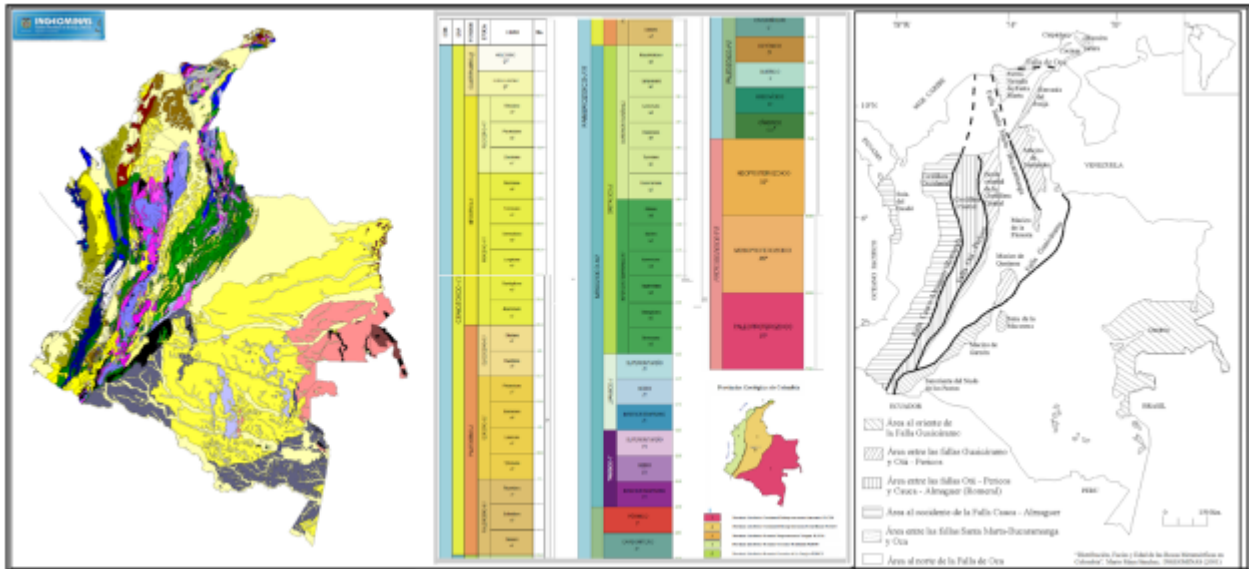
parcialmente esta energía para transportes que modifican el suelo. Los animales provocan transporte de materia y contribuyen a la transformación de la materia orgánica, mientras los vegetales actúan mediante la subida de los cationes extraídos por las raíces y concentrados en la superficie; además la planta protege el suelo contra elementos atmosféricos, sintetiza las materias orgánicas gracias a la luz solar y tiene efectos mecánicos y químicos por el crecimiento y la acción de las raíces.

– Clima. De la temperatura y del balance hídrico dependerá la velocidad e intensidad de acciones de las reacciones químicas típicas del intemperismo químico. Cuando los factores climáticos son mínimos como en los desiertos fríos o en los desiertos cálidos y secos, el suelo no evoluciona. Sobre una misma roca varía el suelo con el clima, así: en las zonas frías del norte de Europa y sobre un granito existen suelos poco desarrollados; en Francia, bajo un clima templado húmedo, encontramos suelos lixiviados, y en Costa de Marfil bajo un clima tropical húmedo existe un suelo ferralítico.

* Tomado de Intemperismo o meteorización. Manual de Geología para Ingenieros.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/> Imagen, en: eusoils.jrc.ec.europa.eu

1.6.2- LAS ROCAS DE COLOMBIA



RESUMEN: Es indudable la importancia del conocimiento de los yacimientos de las rocas no sólo para el ingeniero y el constructor quienes deben conocer la competencia de los macizos rocosos y las fuentes de los materiales pétreos entre otros elementos, sino también la que tiene la comprensión de la distribución de las diferentes rocas, por parte de agrónomos, agrólogos y biólogos, dada su relación con los ecosistemas.

El territorio de Colombia, grosso modo comprende varias provincias geológicas, unas asociadas al ambiente continental y otras al oceánico, así: por su afinidad continental, al este del sistema cordillerano, más allá del sistema de fallas del margen llanero, aparece la provincia paleoproterozoica Amazónica; y la provincia mesoproterozoica Grenvilliana entre dicho sistema de fallas y el Sistema Romeral; y por su afinidad a los fondos oceánicos, por el poniente del anterior margen, primero una lábil Provincia neoproterozoica denominada Arquía y más allá la Occidental de edad cretácica asociada al Andén del Pacífico y al margen caribeño hasta la Sierra Nevada, provincia que se conecta al norte con la de La Guajira.

A continuación ejemplos de rocas ígneas y de sedimentitas en Colombia, y distribución de las metamorfitas en seis áreas geográficas del país, según el investigador Mario Maya

INGEOMINAS (2001). Este material es un extracto tomado de Manual de geología para ingenieros de la Universidad Nacional de Colombia, que se puede consultar en <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

Rocas ígneas

Las rocas ígneas son el fruto de la solidificación del magma, fragmentado o compacto, sobre o en el interior de la corteza terrestre. Esas temperaturas de cristalización oscilan así: para los magmas riolíticos 1000 °C, para los andesíticos 1150 °C y para los basálticos 1250 °C.

La composición mineralógica promedio de las rocas ígneas es: 59% feldespatos, 12% cuarzo, 17% anfíboles y piroxenos, 4% micas y 8% otros minerales.

Por el volumen en la corteza, las rocas ígneas representan el 95% contra el 5% de las sedimentarias, aunque estas últimas exhiben mayor afloramiento.

Según el Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia (Ingeominas, 1986) y otras fuentes, estos son algunos ejemplos de yacimientos ígneos de nuestro país.

La cresta de Malpelo, con lavas almohadillas, brechas volcánicas, diques basálticos y hialoclastitas, representa una porción de la corteza oceánica excesivamente gruesa, cuya antigüedad es de 19 Ma (millones de años).

Un complejo migmatítico asociado al magmatismo básico del proterozoico, se localiza al sur del río Guaviare y presenta variaciones desde alaskitas hasta monzonitas. También se encuentran sienitas en San José del Guaviare de 480 Ma de antigüedad, y aspecto granítico y holocristalino.

Se pueden distinguir los granitos del migmatítico de Mitú, de finales del proterozoico medio (1500 Ma). Además, un granito de color rosado-naranja y grano muy fino a fino, aflora al oeste de la población de Pescadero, Santander.

En Cáceres (Cundinamarca) y Puerto Romero (Boyacá), afloran intrusiones básicas gabroides del cretácico, que afectan las sedimentitas. También en el cerro Tragarepas de Pacho (Cundinamarca).

Donde la carretera Albania-Bolombolo cruza la quebrada Popala (Antioquia), y en el Cauca sobre los alrededores de Fredonia, aparecen basaltos de textura afanítica a porfidítica y composición diabásica.

En la isla de Providencia, las vulcanitas están representadas por lavas alcalinas a subalcalinas como son los basaltos, andesitas y riolitas ignimbríticas; todas asociadas a un vulcanismo en fracturas de la capa del Caribe, ocurrido durante el Terciario.

Un stock diorítico intruye la Formación Quebradagrande, al norte y sur de Heliconia y al este de Ebéjico (Antioquia). Los pórfidos de Irra y los de Salento tienen composición andesítica-dacítica y textura porfidítica.

En el Complejo Ofiolítico del Cauca afloran gabros, piroxenitas y serpentinitas. A la altura de Marmato y por los dos márgenes del Cauca, los pórfidos son dacíticos y andesíticos.

Las tobas del Juanambú, Cauca, son depósitos formados por cantos de andesitas, lapillis y cenizas, acumulados bajo un régimen fluvio-lacustre.

En los alrededores de la población de Honda, Tolima, está la formación Mesa del terreno Cajamarca, cuya litología muestra una unidad estratificada constituida por material volcánico -representado por andesitas, dacitas, pumitas y cenizas volcánicas- y un conglomerado de filitas. Le suceden estratos sedimentarios.

En Málaga, Santander, en los alrededores de Onzaga y Páramo de Canutos, se encuentran riolitas grises; algunas tienen textura porfidítica y otras, textura de flujo. En el morro del Salvador o el volcán Boyacá, al sur de Paipa, se observan tobas y rocas ígneas andesíticas y pórfidos, andesíticos y dacíticos, caolinizados.

Un gabro piroxénico con textura variable entre porfidítica y afanítica, aflora al oriente de Altamira y en la quebrada el Moro, Antioquia. Una pegmatita aflora en la vereda la Laguna, municipio San Antonio (Tolima). Tonalitas del Cretácico afloran en la Sierra de la Iguana, al norte de San Jerónimo, Antioquia.

En los terrenos insulares del Pacífico, tenemos el complejo ígneo de Gorgona con una secuencia de peridotitas, dunitas y gabros, donde se da una secuencia ígnea de rocas máficas y ultramáficas que incluye flujos basálticos almohadillados y rocas tobáceas. También afloran peridotitas al suroccidente de Planeta Rica.

Al sureste de Ibagué vecino al río Combeima, en la vereda Potrerillo, aparece el volcán Guacharacos, cuyo cono está constituido por lavas y productos de explosión, sobreyace el Abanico de Ibagué. Las rocas son basaltos andesíticos y el evento al parecer, Pleistoceno tardío.

Las lavas y pórfidos asociados al volcán nevado del Huila, son andesitas y dacitas. También en su área de influencia se encuentra el Batolito de La Plata, con rocas dioríticas, cuarzodioríticas y granodioríticas.

Rocas Sedimentarias

La meteorización y erosión producen partículas de diverso tamaño que son transportadas por el hielo, el agua o el aire hasta las zonas de mínima energía donde se acumulan. Una vez en reposo los sedimentos sufren procesos que los transforman en rocas sedimentarias.

Estas rocas se han formado por la consolidación o litificación de sedimentos. Los factores que determinan el tipo de roca son fundamentalmente la fuente de los sedimentos, el agente que los erosiona y transporta, y el medio de deposición y forma de litificación.

En el volumen de los primeros 15 km de la corteza las sedimentitas son el 5%; el 95% restante son rocas ígneas, pues las metamórficas dominan los ambientes profundos. Por el

área de afloramiento las sedimentarias son el 75% de la superficie el resto son ígneas, sin quedar margen de significación para las metamórficas.

Como ejemplo de sedimentitas en Colombia tenemos:

En la Serranía de la Macarena, la región norte exhibe una sucesión rítmica de grawacas turbidíticas de grano fino a grueso y color gris. Hay calizas delgadas fosilíferas y shale gris oscuro, arenitas finogranulares cuarcíticas muy micáceas, que gradan a arenitas arcillosas cuarcíticas y shale arenoso rojo. Son sedimentitas, además, todas las secuencias del paleozoico temprano.

En la región de los Llanos Orientales hay remanentes de coberturas detríticas del precámbrico con arenitas de cuarzo blancas y grises de grano fino a medio, bien gradadas, en estratos delgados a gruesos intercalados con arcillolitas grises, verdes o rojas. En la región de la selva amazónica las arenitas rojas oscuras se intercalan con tobas y materiales vulcanoclásticos. En la margen llanera al sur-oriente de Bogotá, las sedimentitas, que son de ambiente pericontinental, están constituidas por calizas, arcillolitas rojas, areniscas, conglomerados, arcillolitas y limolitas grises fosilíferas.

En la Sierra Nevada se encuentran además de pelitas, ruditas y calizas del paleozoico, además pelitas y tobas del mesozoico y coberturas locales pelíticas y calcáreas.

En la región del Cerrejón se presenta una secuencia clástica a vulcanoclástica granodecreciente: los sedimentos de grano muy fino conglomerados, areniscas, lodolitas con intercalaciones calcáreas, localmente sedimentitas rojas del mesozoico temprano, y otra secuencia, de hasta 1000 metros de espesor, de arenitas, lodolitas, calizas y rocas comúnmente ricas en materia orgánica depositadas en ambientes predominantemente marinos durante el mesozoico tardío. Más reciente se presenta otra secuencia clástica de arenitas y lodolitas con mantos de carbón, depositada en ambiente marino transicional y continental durante el cenozoico, (terciario). Su espesor alcanza 1000 metros.

En la península de la Guajira hay lodolitas rojas, verdes y grises, arenitas pardas, conglomerados, calizas y lutitas calcáreas. Al NW hay un supraterrano terciario marino. En la baja Guajira una secuencia de arenitas y limolitas en la base y, localmente, capas delgadas de carbón ricas en materia orgánica y calizas glauconíticas depositadas en ambiente transicional a marino, a finales del cretácico. Igualmente, una secuencia de arenitas y lodolitas de colores rojizos suprayacida por otras oscuras de ambiente continental a marino, del mesozoico tardío. En la región de Santa Marta se tiene una cobertura pelítica y calcárea y, localmente, mantos de carbón.

En Córdoba hay turbiditas con fragmentos de serpentinitas, shale, chert y tobas. Más al sur y al occidente del río Cauca, hasta Cartago, hay turbiditas fino a grueso granulares, chert, calizas y piroclastitas básicas. Continuando desde Cartago hacia el sur, la estratigrafía se repite pero presenta metamorfismo. En Santander del Norte hay una sedimentación predominantemente samítica y pelítica y localmente calcárea que reposa discordantemente sobre el basamento ígneo-metamórfico. Entre Tunja y Bucaramanga, región de la Floresta, hay una sedimentación pericontinental durante el paleozoico temprano que se reanuda posteriormente. Las sedimentitas son conglomerados, arcillolitas generalmente amarillentas, limolitas y areniscas.

Al sur de Ibagué, y hasta Mocoa, hay sedimentitas del paleozoico medio y superior con sedimentos calcáreos epicontinentales del mesozoico. Entre los Llanos orientales y el sistema de Romeral, en la región que comprende Cundinamarca y Santander, hay sedimentitas clásticas, en desarrollos faciales, y calizas bioclásticas y evaporitas. Se trata de una sedimentación epicontinental que culmina con el levantamiento progresivo a finales del mesozoico.

La región de los valles del San Juan-Atrato y la costa Pacífica al sur de Buenaventura, presenta shales, arenitas, conglomerados turbidíticos y calizas en menor proporción. Localmente se encuentran afloramientos de arenitas cuarzosas. La región del Baudó muestra piroclastitas básicas, arenitas turbidíticas, shale, chert y calizas. Al norte, la región del Sinú tiene turbiditas, hemipelágicas (carbonatos y silicatos) y depósitos marinos terrígenos.

-

Rocas Metamórficas

En su trabajo titulado "Distribución, Facies y Edad de las Rocas Metamórficas en Colombia", INGEOMINAS (2001) el Investigador colombiano Mario Maya Sánchez, quien recoge y complementa la valiosa información existente en la materia, señala que en el territorio nacional los efectos del metamorfismo han sido registrados, al menos cuatro veces en el Precámbrico (Pe), tres más en el Paleozoico (Pz), una vez en el Mesozoico (Mz), y un último evento en el Paleógeno (Pg).

Para la variable temporal: esta sería la notación:

Pe = Precámbrico;

Pe4 = Mesoproterozoico;

Pe1 = Paleoproterozoico;

Pz = Paleozoico;

Pz1 = Paleozoico temprano;

Pz2, = Paleozoico medio;

Pz3= Carbonífero superior;

TR= Triásico

K = Cretácico;

KT= Cretácico temprano;

Kt = Cretácico Tardío;

Pg = Paleógeno (Terciario temprano);

Luego desarrolla una clasificación en “unidades metamórficas” para mostrar la distribución actual de dichas rocas, obteniendo seis áreas geográficas limitadas por grandes fallas, denotando la facies del metamorfismo, con los siguientes símbolos:

C/PP: Facies Ceolita1 y Prehnita – Pumpellyta.

AN: Facies Anfibolita.

G: Facies Granulita.

Las seis áreas geográficas identificadas por el Investigador Maya, son:

- 1) Al oriente de la Falla Guaicáramo,
- 2) Entre las fallas Guaicáramo y Otú-Pericos,
- 3) Entre la Falla Otú-Pericos y la Falla Cauca-Almaguer (Romeral),
- 4) Al occidente de la Falla Romeral,
- 5) Entre las fallas Oca y Santa Marta – Bucaramanga
- 6) Al norte de la Falla de Oca.

Veamos las unidades, con la respectiva notación según la Facies metamórfica y Tiempo geológico asignado, información que se consigna en el mapa anexo.

Área al oriente de la Falla Guaicáramo

Región de la Guainía: Unidades ANb(Pe1,Pe2,Pe4) ; PP/EV(Pe4)

Macizo de Garzón: Unidades G/AN(Pe4)1 ; G/ANm(Pe4)1

Serranía de la Macarena y región suroriental del Nudo de los Pastos: Unidad G/AN(Pe4)2

Entre las fallas Guaicáramo y Otú-Pericos,

Macizos de Santander y la Floresta: Unidades ANb(Pe4,Pz1) ; AN/EV(Pe-Pz1) ; AN/EVbm(Pe-Pz1) ; EV(Pz1)1

Macizo de Quetame: Unidad EV(Pz1)2

Borde Oriental de la Cordillera Central: Unidades AN/G(Pe4) ; EV(Pz1)3 ;

Entre la Falla Otú-Pericos y la Falla Cauca-Almaguer (Romerol),

Cordillera Central: Unidades G/ANm(Pe-Pz) ; ANm(Pe-Pz2) ; AN(Pe-K) ; ANb(Pz2,Pz3) ; EVb(Pz2,Pz3) ; EVm(Pz2-KT) ; AN/EV(Pz2) ; AN/EV(Pz-TR) ; AN/EVm(Pz-KT) ; AN(Pz-TR) ; E/EaA(KT) ; C/PP(KT)

Al occidente de la Falla Romeral,

Suroccidente de la Cordillera Central, Cordillera Occidental: Unidades C/PP/EV(Kt-Pg)1 ; C/PP/EV(Kt-Pg)2

Serranía del Baudó: Unidad C/PP(Kt-Pg)

Entre las fallas Oca y Santa Marta – Bucaramanga

Cinturón de la Sierra Nevada: Unidades G/ANm(Pe4)2 ; AN(Pz)

Cinturón de Sevilla: Unidades AN(Pz3) ; AN(P)

Cinturón de Santa Marta: Unidades AN(Kt,Pg) ; EVb(Kt,Pg)

Al norte de la Falla de Oca.

Sector al oriente de la Falla Simarua: Unidades ANm(Pz,Pg) ; PP(Kt)

Sector al occidente de la Falla Simarua: Unidad EVb(Kt-Pg)

-

* Duque Escobar, Gonzalo. Profesor Universidad Nacional de Colombia, Extracto tomado de Manual de geología para ingenieros <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/> Imagen: Mapa geológico de Colombia, en <http://www2.sgc.gov.co/> y Áreas geográficas para la distribución de las Rocas Metamórficas, según Mario Maya, INGEOMINAS (2001).

Relacionados:

- Rocas ígneas (Capítulo 7), Rocas metamórficas (Capítulo 13), y Rocas sedimentarias (Capítulo 9), del Manual de geología para ingenieros. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>
- Distribución, Facies y Edad de las Rocas Metamórficas En Colombia. Mario Maya Sánchez (2002) Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero – Ambiental y Nuclear Ministerio De Minas y Energía Colombia. INGEOMINAS.
- Mapa Metamórfico de Colombia. INGEOMINAS 2001 Mario Maya Sánchez y Edgar Vásquez Arroyave INGEOMINAS, 2001. <https://es.scribd.com/doc/164787592/Mapa-Metamorfo-de-Colombia-INGEOMINAS-2001>

1.7- FUNDAMENTOS DE GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la Tierra. Se institucionalizó a finales del siglo XIX y principios del XX y sus haberes se asientan en los saberes acumulados por las demás ciencias de la Tierra que se sistematizaron a partir de la actitud ilustrada respecto de la naturaleza y sus complejas consecuencias en nuestra cultura.

Pero la Tierra es amplia, diversa y desigualmente conocida, lo cual plantea problemas a los científicos por la gran variedad y aparente dispersión de hechos y procesos, por su dependencia de múltiples factores y por la dificultad de encontrar en su generalidad las leyes que los rigen.

Estos hechos y procesos pueden ser microscópicos y aparecer aislados, pero las formas del relieve sólo pueden entenderse de modo global como pertenecientes a la totalidad del planeta e integradas en la totalidad

de la naturaleza donde participan de múltiples relaciones. Conocer las causas es explicar las geoformas, pues la geomorfología tiene que dar cuenta de la génesis del relieve y tipificar sus geoformas: explicar fuerzas y procesos y clasificar resultados.

1.7.1 LA GEOMORFOLOGIA COMO CIENCIA

La geomorfología se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física.

1.7.1.1 Conexión con geología, climatología, hidrología y biogeografía. La geomorfología tiene que contar prioritariamente con el factor geológico que explica la disposición de los materiales. Las estructuras derivadas de la tectónica y de la litología configuran frecuentemente los volúmenes del relieve de un modo más o menos directo.

El clima introduce modalidades en la erosión y en el tipo de formaciones vegetales, de modo que la morfogénesis adquiere características propias en cada zona climática. La elaboración de geoformas también depende de los paleoclimas que se han sucedido en un determinado lugar.

De las condiciones climáticas, biogeográficas, topográficas y litológicas, depende la eficacia erosiva de los cursos de agua y de otros modos de escorrentía. Aquí habrá que considerar el conjunto de la red hidrográfica.

La cobertura vegetal introduce un tapiz protector en la interfase atmósfera-litósfera, razón por la cual la biogeografía da claves importantes en el análisis de las geoformas y de los procesos que las modelan. Pero esta cobertura no depende sólo del clima y del sustrato rocoso, sino también de la acción antrópica.

1.7.1.2 Geoforma. Una geoforma es un cuerpo tridimensional: tiene forma, tamaño, volumen y topografía, elementos que generan un relieve. Se han clasificado treinta y seis (**36**) **geoformas**; el primer paso es identificar las geoformas con su topografía, drenaje, textura, tono, vegetación natural y uso del suelo.

Una geoforma está compuesta por materiales que le son característicos: como arenas, gravas, arcilla o cuerpos masivos; tiene una génesis y por lo tanto una dinámica que explica los materiales que la forman.

Como geoformas las rocas son lechos rocosos; los deltas, abanicos, terrazas y llanuras de inundación, son materiales transportados. Los suelos residuales están asociados a los lechos rocosos.

Utilizando fotografías aéreas se puede inferir que **el tono y la textura** dependen de la vegetación, que el uso del suelo permite hacer asociaciones con aptitudes, que las formas de erosión anuncian si el material es arenoso o rocoso. La topografía a su vez, está relacionada con la pendiente, y puede ser: plana, ondulada, quebrada o escarpada; donde existen entrantes o salientes del terreno son factibles los cambios litológicos.

El **drenaje** está caracterizado por una forma o patrón modelo, donde el índice de erosión o remoción es muy importante y la textura es el grado de espaciamiento entre los canales del drenaje. La textura en rocas puede ser gruesa, media o fina, y la erosión, laminar, por surcos o por cargas.

La **vegetación** puede ser natural y su altura anuncia la profundidad del suelo, cuando hay densidad. Las variaciones en la densidad de la vegetación se asocian con presencia de aguas subterráneas. Si es artificial se considera ya un uso del suelo. En un abanico aluvial los bosques de galería anuncian el drenaje y la vegetación es más alta en su pie que en el ápice a causa del nivel freático.

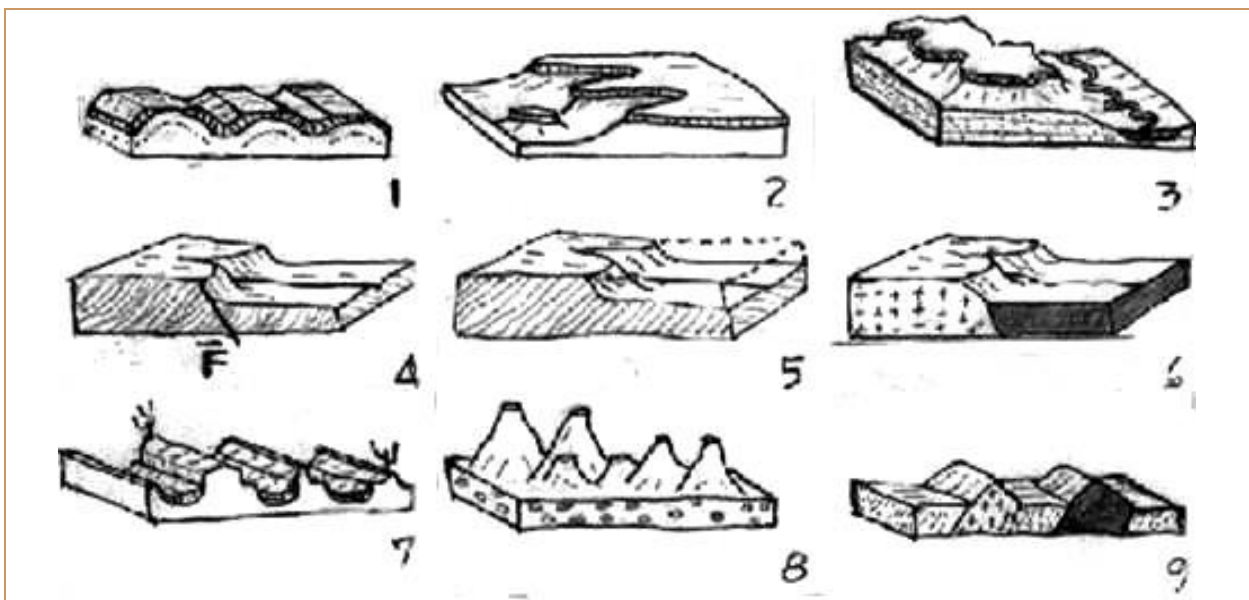


Figura 1.7.1. Paisajes con diferentes situaciones litológicas, estructurales y ambientales: 1. Relieve apalachinado (plegamiento erosionado), 2. Aspecto de una cuesta estructural subhorizontal. 3. Relieve aluvial invertido, (construcción y destrucción de un valle), 4. Escarpe tectónico (falla normal), 5. Escarpe de erosión

(obsérvese el descenso del relieve), 6. Escarpe litológico (el escarpe marca el contacto), 7. Paisaje árido en suelo fino (formación de yardang), 8. Paisaje árido en conglomerado (formación de mesas basculantes y pilares), 9. Afloramientos duros (diques intruyendo rocas más blandas). Adaptado de Max Derruau, Geomorfología.

A continuación se presenta una tabla de claves fotogeológicas para la identificación de las diferentes rocas y fallas, de acuerdo a tres aspectos fundamentales: tonos, texturas y drenaje.

1.7.1.3 Conceptos básicos de geomorfología

1. Los **procesos** físicos de hoy operaron en el pasado geológico.
2. La **estructura** geológica condiciona las formas del relieve.
3. El proceso geológico se expresa en **la geoforma**.
4. Cuando los diferentes **agentes** modelan la corteza se produce la secuencia que evidencia tales etapas.
5. La **complejidad** es más común que la simplicidad en las geoformas.
6. La geología del **cuaternario** domina la topografía.
7. La adecuada interpretación del paisaje exige conocer **los cambios** geológicos y climáticos pasados.
8. La presión y temperatura del **clima** regional son necesarias para entender los procesos geológicos.
9. Se debe mirar la geomorfología de hoy en **el contexto** de las geoformas pasadas.

1.7.2- CLAVES DE FOTOINTERPRETACION

Se mostrará en el siguiente cuadro las claves fotogeológicas atendiendo como aspectos relevantes, tonos, texturas y drenajes, tanto de las rocas como de las estructuras geológicas.

Cuadro 24. Claves fotogeológicas.

ASPECTOS	ROCAS INTRUSIVAS	ROCAS VOLCANICAS	ROCAS CLASTICAS
TONOS	<ul style="list-style-type: none"> - Claros salvo humedad (gris) - Oscuros en ultramáficas - Claros a oscuros en hipoabisales y diques 	<ul style="list-style-type: none"> - Oscuro en las jóvenes, en las meteorizadas es claro. - Claros en conos de ceniza y lavas viejas, secas y sin cobertura 	<ul style="list-style-type: none"> - Claros en conglomerados, areniscas maduras y lodolitas de desiertos. - Oscuro en areniscas maduras y lodolitas, por humedad. - Oscuros en estructuras
TEXTURAS	<ul style="list-style-type: none"> - Homogéneas masiva 	<ul style="list-style-type: none"> -Finas en tefras (tobas, cenizas). - Rugosas en lavas, flujos o bloques 	<ul style="list-style-type: none"> - Gruesas en conglomerados y areniscas. - Finas en lodolitas (dan flatiron)
DRENAJE	<ul style="list-style-type: none"> - Dendrítico, pinzado o radial y puede variar con el diaclasamiento y la composición - Radial-anular en hipoabisales 	<ul style="list-style-type: none"> - Paralelo en basaltos. - Dendrítico en tobas y depósitos piroclásticos - Anular en domos. - Radial en volcanes - Anómalo en lagunas y canales discordantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Rectangular, paralelo y subparalelo en conglomerados y areniscas maduras - Subparalelo y subdendrítico en areniscas inmaduras - Subparalelo a dendríticas en lodolitas

ASPECTOS	ROCAS NO CLASTICAS	ROCAS METAMORFICAS	FALLAS
TONOS	<ul style="list-style-type: none"> - Claros casi siempre - Oscuros si hay materia orgánica o humedad, bandeados si hay interestratificación 	<ul style="list-style-type: none"> - Oscuros generalmente pero no intensos - Claros en cuarcita - Claros a semioscuros en gneises 	<ul style="list-style-type: none"> Cambios bruscos y oscuros por agua o claros si hay exceso de drenaje
TEXTURAS	<ul style="list-style-type: none"> El del relieve (ejemplo paisaje cárstico). No da flatiron 	<ul style="list-style-type: none"> - Finas pizarras - Medias a gruesas, gneises. - Esquistosidad 	<ul style="list-style-type: none"> Cambios, anomalías e irregularidades

ASPECTOS	ROCAS NO CLASTICAS	ROCAS METAMORFICAS	FALLAS
DRENAJE	<ul style="list-style-type: none"> - Discontinuo y con sumideros en karst. - Controlado por fracturas subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> - Dendrítico a rectangular en pizarras y filitas. - Variable en esquistos - Colector con poco drenaje secundario en cuarcitas - Dendrítico a rectangular en gneis 	<ul style="list-style-type: none"> - Desviación sistemática - Controles anómalos. - Alineado y con dirección perpendicular

FUENTE: Mónica Dunóyer. Posgrado de Geotecnia, Universidad Nacional, 1995.

1.7.2.1 Claves de fotointerpretación de rocas plutónicas

- Los contactos de intrusiones graníticas con rocas encajantes son discordantes, nítidos y sencillos.
- Los cuerpos graníticos tienen grandes dimensiones.
- Los tonos son claros (buena reflectancia), salvo en condiciones de humedad.
- La textura es homogénea, pues su aspecto es masivo.
- El drenaje es normalmente dendrítico-pinzado o radial, en caso de domos.
- Si hay muchas diaclasas el patrón es rectangular.
- El tono y drenaje puede variar con la composición, densidad de diaclasas y humedad.
- La topografía se presenta en cerros con forma de A o macizos redondeados.

- Presentan más fracturamiento cuando tienen mayor antigüedad.
- En el trópico desarrollan saprolito profundo.

1.7.2.2 Claves de fotointerpretación de rocas volcánicas

- Son reconocibles si no están erosionadas.
- Las geoformas dependen del tipo de lava y su actividad.
- Los basaltos presentan columnas, drenaje paralelo grueso y suave topografía.
- Los cráteres de ceniza son claros y con pendientes altas (ángulo de fricción $f = 35^\circ$).
- Las lavas viscosas son lenguas de pared abrupta y tienen formas en pata de elefante.
- Los depósitos lávicos forman colinas de cresta aguda.
- Muy disectadas por drenaje dendrítico y fino cuando son recientes, además presentan tonos claros y laderas verticales y uniformes.
- Presentan tonos oscuros en lavas jóvenes, aunque la vegetación las aclara algo.
- Los patrones de drenaje son dendríticos en depósitos piroclásticos y tobas; anular, en edificios volcánicos; radial, en la base de los volcanes, anómalo con lagunas y canales discontinuos, en los flujos.

- La vegetación es escasa si el material es reciente, y la porosidad y permeabilidad son altas, aunque disminuyen con la meteorización.

1.7.2.3 Claves de fotointerpretación de rocas sedimentarias clásticas

- Estas rocas son las que más información arrojan.
- Las rocas sedimentarias forman estructuras secundarias (pliegues, fallas, diaclasas) que se evidencian por alineamientos de cualquier tipo (tonos más oscuros, drenajes controlados, cordones vegetales).
- Las geoformas que más las delatan son los flatiron (planchas), que se desarrollan sobre las rocas sedimentarias duras (areniscas compactas) y son las geoformas fruto de la erosión diferencial.
- Generalmente la pendiente topográfica corresponde a la pendiente estructural que es larga y suave.
- En la contrapendiente hay escalonamientos por el contraste entre estratos duros y blandos que se alternan.

En la fig. siguiente, se dibujan tres geoformas, con elementos explicativos, típicas en rocas sedimentarias.

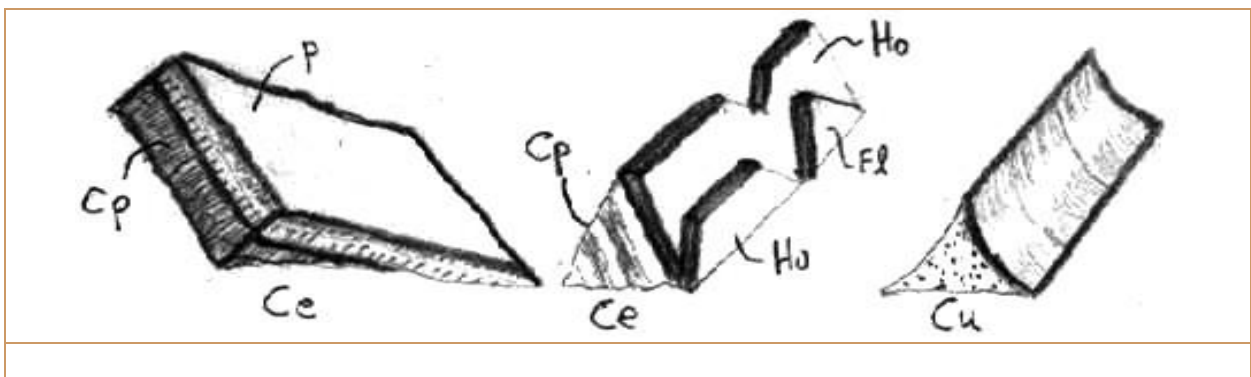


Figura 1.7.2. Geoformas en rocas sedimentarias: Ce. Cuesta estructural (asimétrica), Cp. contrapendiente, P. pendiente, Ho. y Fl. Hogback y flatiron (desarrolladas sobre la pendiente estructural), Cu. Cuchilla estructural (cóncava). El Hogback es un estrato en altorelieve, con forma trapezoidal, formado sobre la pendiente estructural. Según Mónica Dunóyer y Antonio Manrique, curso de fotointerpretación U. de Caldas.

- Los conglomerados muestran tono claro a medio; textura gruesa; a muy gruesa, drenaje rectangular, subparalelo o paralelo; vegetación escasa y arbustiva; escarpes verticales en la contrapendiente, y crestas agudas rectilíneas y de gran continuidad.

- Las areniscas pueden ser maduras o inmaduras; las intermedias tienen rasgos que oscilan entre los extremos de estas.

- Las areniscas maduras muestran tono claro a medio, textura gruesa a media, drenaje rectangular a subparalelo, canales en V cerrada, vegetación escasa a media, escarpes escalonados y excelentes niveles guías.

- Las areniscas inmaduras son oscuras y de textura gruesa, drenaje subparalelo o subdendrítico, vegetación buena a excelente y morfología ligeramente escarpada a suave en la contrapendiente estructural y ondulada en la pendiente.

- Las lodolitas son de tono oscuro en clima húmedo y claro en desiertos, textura fina, drenaje dendrítico o subparalelo y vegetación exuberante si el clima es húmedo, morfología deprimida con desarrollo lineal extenso, excelente contraste con unidades duras y malos niveles guías.

1.7.2.4 Claves de las rocas sedimentarias químicas

- No dan flatiron (estratos en altorelieve triangular sobre la pendiente) y muestran fracturas bien desarrolladas que controlan la vegetación y dolinas y sumideros cuando siendo carbonatadas resultan afectadas por la disolución.

- Normalmente la vegetación es poca y alineada con las fracturas. En el trópico ésta puede ser densa.

- El relieve es función del clima y de la composición de la caliza. Los tonos son claros.
- En clima árido se presentan crestas empinadas y tonos claros, nunca oscuros.
- En climas húmedos el paisaje es cárstico: bosques de mogotas o colinas puntiagudas. Además se desarrollan dolinas, poljes (depresiones cerradas) y sumideros.
- El drenaje se pierde por los sumideros resultando interrumpido.
- El relieve es más suave que en zonas áridas y entre más pura y cristalina sea la roca, más abrupto resulta el relieve.
- Si se encuentra materia orgánica y humedad, los tonos son oscuros.

1.7.2.5- Claves de fotointerpretación de rocas metamórficas

- Son las rocas más difíciles de identificar.
- A mayor grado de metamorfismo, más desaparecen los rasgos litológicos y estructurales.
- El metamorfismo iguala la resistencia de la roca, resultando una topografía más masiva.
- La esquistosidad es el principal elemento de fotoidentificación; le da al paisaje una sensación de paralelismo (control de cárcavas, drenaje, etc.).
- En rocas metasedimentarias se alcanza a insinuar la estratificación con algo de flatiron.

- El tono es generalmente oscuro pero no intenso.
- El drenaje tiende a ser uniforme y constante tendiendo a dendrítico o rectangular.
- Cuando provienen de rocas ígneas, su aspecto es masivo y no presentan foliación.
- Desarrollan relieve de cualquier tipo por lo que aquél no es guía.
- Muestra colinas alineadas con crestas o cuchillas.
- Las pizarras y filitas muestran textura fina, drenaje dendrítico rectangular, vegetación escasa (y a veces alineada), y no muestran estructuras falladas aunque conservan la estratificación de la roca madre. En la morfología se presentan crestas agudas y laderas empinadas no muy altas.
- Los esquistos tienen clara orientación, buena foliación, tono gris uniforme (de medio a oscuro), drenaje variable, según el clima, pero controlado por la foliación, morfología con planos de esquistosidad planos y cárcavas paralelas.
- Las cuarcitas dan tonos claros, crestas empinadas, drenajes colectores, poco drenaje secundario, crestas filudas, fracturas controlando el drenaje, los contactos con otras rocas tienen fuerte contraste y la vegetación es escasa, está alineada y es de tipo arbustivo.
- Los gneises tienen aspecto masivo y muestran fracturas bien desarrolladas (fallas) que controlan el drenaje. Las lomas son alargadas con cimas suaves pero altas y pendientes. Su tono es claro a semioscuro y la textura rugosa.
- El drenaje es dendrítico a rectangular con textura media a gruesa. Las lomas desprovistas de capa vegetal desarrollan poco suelo y poca vegetación dando posibilidad a la observación de los diques que las cortan.

1.7.2.6- Claves diagnósticas para caracterizar movimientos en masa

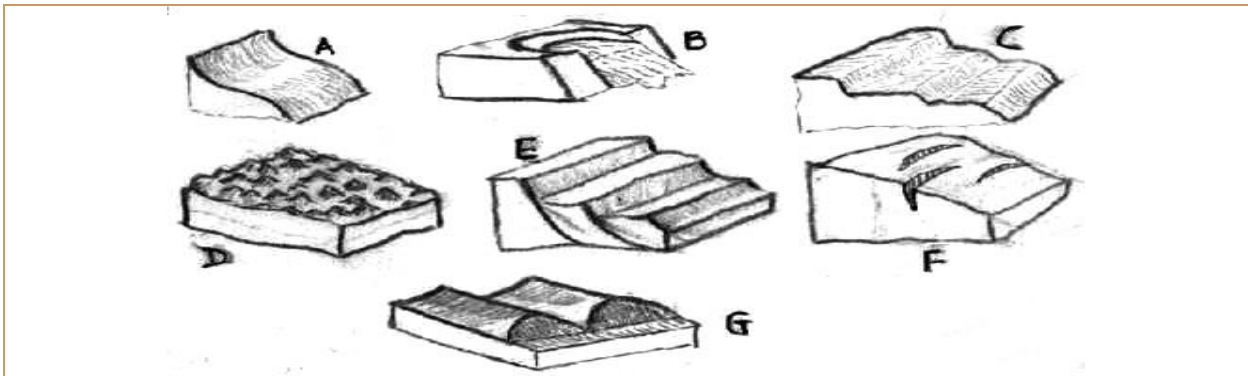


Figura 1.7.3. Morfología para diagnóstico: A. formas cóncavas y convexas, B. nichos semicirculares, C. pendientes escalonadas, D. relieve irregular (hummocky), E. bloques inclinados, F. grietas, G. cambios abruptos de pendiente. Según Mónica Dunóyer y Antonio Manrique, curso de fotointerpretación U. de Caldas.

- **Características morfológicas.** Pendientes cóncavas y convexas, nichos semicirculares, pendientes escalonadas, bloques inclinados, relieve irregular (hummocky), formación de grietas y cambio súbito de pendiente.

-**Características de la vegetación.** Vegetación desordenada y parcialmente muerta, cambios en la vegetación coincidentes con escalones morfológicos, zonas con vegetación menos abundante, (elongadas y claras), diferencia de vegetación dentro y fuera del deslizamiento y cambios de vegetación asociados a condiciones de drenaje.

- **Características del drenaje y medidas de estabilización.** Drenaje desordenado con líneas interrumpidas, anomalías en los patrones de drenaje, zonas de acumulación de agua, zonas de infiltración o nacimientos (tonos oscuros), zonas excesivamente drenadas (tonos claros). Si hay intervención, canalización de aguas y terracetas en pendiente con canales en curvas de nivel.

- **Otras características o elementos.** Ausencia de vegetación, escarpes en forma de pinza, concavidades elongadas, depósitos elongados, acumulaciones en quiebres de pendiente, facetas triangulares, cuerpos coalescentes (masas contiguas dislocadas), escarpes elongados y lóbulos de flujo.

1.7.2.7- Claves para identificación de rasgos estructurales

- **Monoclinales.** En la cuesta (pendiente suave), el drenaje es dendrítico o paralelo, el suelo es grueso o potente, hay buen desarrollo de la vegetación y drenaje es poco denso. En la contrapendiente el drenaje es denso, subdendrítico, se presentan movimientos en masa y a veces la topografía es cóncava, el suelo es casi nulo y es notoria la poca acumulación de agua y poca la vegetación.

- **Hogback y cuchillas estructurales.** El hogback es un bloque donde la pendiente y la contrapendiente tienen la misma inclinación. Uno de los estratos conforma en la pendiente una capa de cubierta dura que presenta erosión en cárcavas con pobre desarrollo de la vegetación, poco suelo y poca agua.

La cuchilla estructural es una forma masiva que corresponde a un afloramiento de capas duras. La pendiente y la contrapendiente son simétricas y el drenaje por ambos lados es paralelo; las superficies muestran cárcavas y no se desarrolla suelo ni vegetación en ningún flanco.

- **Pliegues.** Los anticlinales muestran drenaje radial poco denso (según la litología expuesta); si está erosionado, muestra el núcleo y la roca es estratificada, además hay poco suelo por la pendiente de la geoforma y poca agua, pues es mal acuífero. El sinclinal muestra drenaje centrípeto, núcleo deprimido, estratos que buzcan hacia el centro del pliegue y humedad y vegetación buena en su núcleo, pues se trata de un buen acuífero.

- **Fracturas.** Las diaclasas muestran un drenaje cuya intensidad depende de la roca. En la diaclasa hay agua, vegetación y erosión. El suelo es profundo si la vegetación es intensa y la pendiente favorece su estabilidad.

Las fallas muestran fuerte meteorización y suelos pobres en los escarpes, aunque buenos en los pies. En el escarpe no hay vegetación pero sí en los bajos donde se almacena la humedad.

Los indicadores de las fallas son los desplazamientos de las capas horizontales o verticales, los cambios abruptos en el rumbo y buzamiento, los escarpes, facetas triangulares y cañones en V cerrada, los cambios bruscos de tono y vegetación, los tonos oscuros por agua y drenaje alineado, las desviaciones sistemáticas del drenaje, el diaclasamiento intenso o brechamiento y los movimientos en masa sistemáticos.

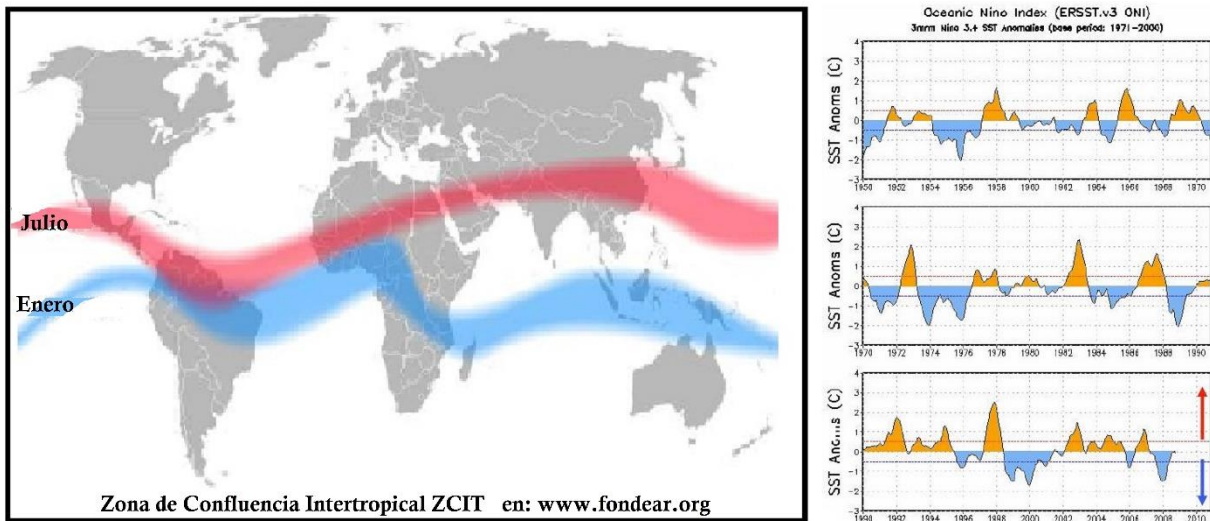
FUENTE y COMPLEMENTOS:

- **Geomorfología.** Duque-Escobar. Gonzalo (2017) In: Manual de Geología para Ingenieros. <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>
- **Diccionario de Geomorfología.** Fabián Hoyos Patiño (2017) [https://www.academia.edu/33998539/Diccionario de Geomorfolog%C3%ADa](https://www.academia.edu/33998539/Diccionario_de_Geomorfolog%C3%ADa)
- Fabián Hoyos Patiño (2017) [Geomorfología: Equivalencias Ingles-Castellano.](#)
- Fabián Hoyos Patiño (2017) [Geomorfología: Equivalencias Castellano-Ingles.](#)
- **Diccionario básico de Geotecnia.** Fabián Hoyos Patiño (2012) [https://www.academia.edu/1411066/GEOTECNIA- DICCIONARIO B%C3%81SICO_2012](https://www.academia.edu/1411066/GEOTECNIA- DICCIONARIO_B%C3%81SICO_2012)
- Fabián Hoyos Patiño (2012) [Geotecnia: Equivalencias Ingles-Castellano y Castellano-Inglés](#)
- Fabián Hoyos Patiño (2012) [Geotecnia: Equivalencias Portugués-Castellano y Castellano-Portugués](#)

1.8- LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Dinámicas del clima andino colombiano.

RESUMEN: *En la zona tropical ubicada entre las latitudes 30°N y 30°S, las corrientes de vientos alisos que, sometidos a la fuerza de Coriolis se van calentando e incorporando humedad mientras transitan por la superficie, al ir desde la alta subtropical hacia la baja ecuatorial. Al converger cerca del Ecuador, el aire cálido asciende y se enfría por expansión, dándose el desarrollo de nubes de gran desarrollo vertical al favorecerse la condensación. Esta zona nubosa de inestabilidad atmosférica que deriva a lo largo del año, en la que se presentan frecuentes e intensas lluvias y en la que convergen los vientos alisios del noreste y del sureste, es la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT).*



Con el solsticio de verano ha concluido el primer período de lluvias del año. Nuestro clima bimodal de la zona andina colombiana está regido por las posiciones relativas de la Zona de Confluencia Intertropical ZCIT, ese ecuador meteorológico que en cada solsticio pasa a ubicarse al sur de nuestro Ecuador, para regresar de nuevo durante los equinoccios al costado norte para traernos las lluvias.

Pero las anomalías de temperatura del Océano Pacífico, que se constituyen en freno para el desplazamiento natural y regular de la ZCIT, generan desórdenes en el clima: el Niño y la Niña, un fenómeno del Pacífico Sur, reto para la ciencia y la historia. Sus causas reales van más allá de los factores naturales asociados a sus ciclos de 2 y de 7 años, y a su duración media del orden de los 12 a 18 meses, porque también la mano del hombre ha podido penetrar exacerbando el desorden que muestra el funcionamiento de la máquina atmosférica del planeta

Las consecuencias de esta oscilación del sur, que se inicia en Australia e Indonesia y se extiende hasta América del Sur, según observaciones hechas desde 1525 entre las que sobresalen los efectos de las temporadas 1940/41, 1972/73, 1882/83, 1986/87, 1990/94, son de enorme importancia para la actividad humana: sequías e inundaciones, deslizamientos y flujos de lodo, epidemias e incendios forestales, trastornos en la agricultura, en la pesca, en el transporte, en la salud, etc.

En los períodos de El Niño, las temporadas de invierno y verano del año son más secas para la zona andina colombiana, y más frecuentes e intensos los huracanes del Caribe. Durante La Niña, ocurre lo contrario: temporadas más húmedas a lo largo del año, con menos tormentas tropicales.

Aún están en nuestra memoria las 30 mil víctimas del desastre de diciembre de 1999 en el Estado de Vargas, Venezuela, fenómeno que pudo tener correlación con el Niño y la Niña, aunque la intensidad del evento océano-atmosférico no haya sido una de las más destacadas.

Ref: Ed. Circular RAC 237 de junio de 2003. <http://oam.manizales.unal.edu.co> Imagen: Dinámica anual de la ZCIT, en: <http://www.fondear.org> y Eventos del ENSO durante medio siglo. Según ERSST.

...

Complementos:

[Manizales: un diálogo con su territorio.](#) Duque Escobar, Gonzalo (2014) Documento de discusión. Web SMP Manizales.

[Caldas en la biorregión cafetera.](#) Duque Escobar, Gonzalo (2014) In: Foro "Por la Defensa del Patrimonio Público"..., Nov. de 2014. U. de Caldas, Colombia.

Manizales, ¿ciudad del agua?



Tras las tragedias invernales que asolaron nuestro entorno en el último lustro, cerrando el 2012 fuimos sorprendidos con la pregunta que titula mi columna, con la tesis de que ese podría ser el carácter ambiental que mejor define a Manizales, y en la cual se plasma una idea tan cautivadora como desafiante de la que haré eco para desarrollar un somero perfil de la ciudad con las falencias y potencialidades, además de una visión deseable de ella, en tan trascendental materia.

Para empezar, si esta fuera “la ciudad del agua”, ya habríamos adquirido las cuencas abastecedoras de agua, donde los conflictos entre uso y aptitud del suelo abundan, para integrar los corredores de conectividad biológica del margen cordillerano occidental de la ecorregión cafetera; además, proyectos mineros, como el de Toldafría que prospera, no contarían con el silencio cómplice de actores estratégicos de nuestras cuencas; igualmente, tendríamos mayores avances en la solución a la contaminación de los cuerpos de agua con vertimientos residenciales, ya en los distritos sanitarios urbanos de la Quebrada Olivares, el Río Chinchiná y las microcuencas de La Francia y El Arenillo, como en la zona industrial donde por volumen de carga contaminante casi los igualan; y finalmente, el valioso patrimonio institucional de Aguas de Manizales construido a lo largo de tres lustros, no hubiese sido presa de la imprevisión en una administración municipal pobre en políticas públicas ambientales.

Sabemos que el “agua pura” identificada únicamente con H₂O, es casi un asunto de tablero, y que el agradable sabor de la nuestra tiene un particular encanto. Esto, dado que las naturales antrópicamente incontaminadas, son soluciones acuosas variables y complejas, donde las sustancias disueltas explican sabores característicos de los ambientes geológicos, edafológicos y bióticos, escenario en el cual se establece el ciclo hidrológico respectivo, y del cual participan los bosques cuya función consiste en condensar y regular el agua, además de servir como medio y contribuyente directo en los procesos de alteración de los minerales, base de las sales y sustancias que arrastran las aguas infiltradas hasta los manantiales que nutren ríos y quebradas.

Pero siendo el fundamental líquido la base misma de la vida en este “planeta azul”, aunque por la escasez del agua potable unos cinco millones de seres humanos mueren año tras año, lamentablemente la Constitución y la ley colombiana la han llevado, con los bosque y la biodiversidad, al terreno de los recursos, y como tal la han condenado al mundo del mercado donde caben el oro y el petróleo, lo que permite que se negocie en mesas de traficantes, olvidando que agua, bosques y biodiversidad no deberían ser objeto de explotación, porque ellos conforman una unidad sistémica indisoluble. Al respecto, el término latino explosio -que se asocia con violencia-, resultaría adecuado para referirlo a la naturaleza de una bomba o al carácter de un modo de producción tan oprobioso como la esclavitud, pero nunca para tratar a nuestra “madre tierra” merecedora de consideraciones superiores.

Se enseña en la cátedra de epistemología ambiental del IDEA de la Universidad Nacional, donde se hace eco del fecundo pensamiento del maestro Augusto Ángel Maya, que mientras café y té al igual que oro y petróleo son recursos, dado que tienen sustitutos en el mercado, el agua por su naturaleza no posee ese carácter propio de una mercancía, sino el de un patrimonio inalienable cuyo uso responsable debe garantizar al tiempo, el bienestar humano y la estabilidad de los ecosistemas.

En consecuencia, si estas ideas resultasen de importancia para construir un territorio ambientalmente sustentable soportado en la cuenca y su patrimonio hídrico, deberá aprovecharse la histórica decisión de dotar a nuestra ciudad de una Secretaría del Medio Ambiente, ahora encomendada al Partido Verde, para implementar entre otras cosas, políticas públicas ambientales que contemplen procesos participativos al enfrentar las problemáticas señaladas, entrando al terreno del ordenamiento territorial con la amenaza asociada al calentamiento global y la gestión integral del suelo en el nuevo modelo urbano, entre otros, con estrategias concertadas y coordinadas a nivel intersectorial e interinstitucional, para generar una base cultural en la que la construcción social del territorio urbano y periurbano, parta del agua como factor de desarrollo.

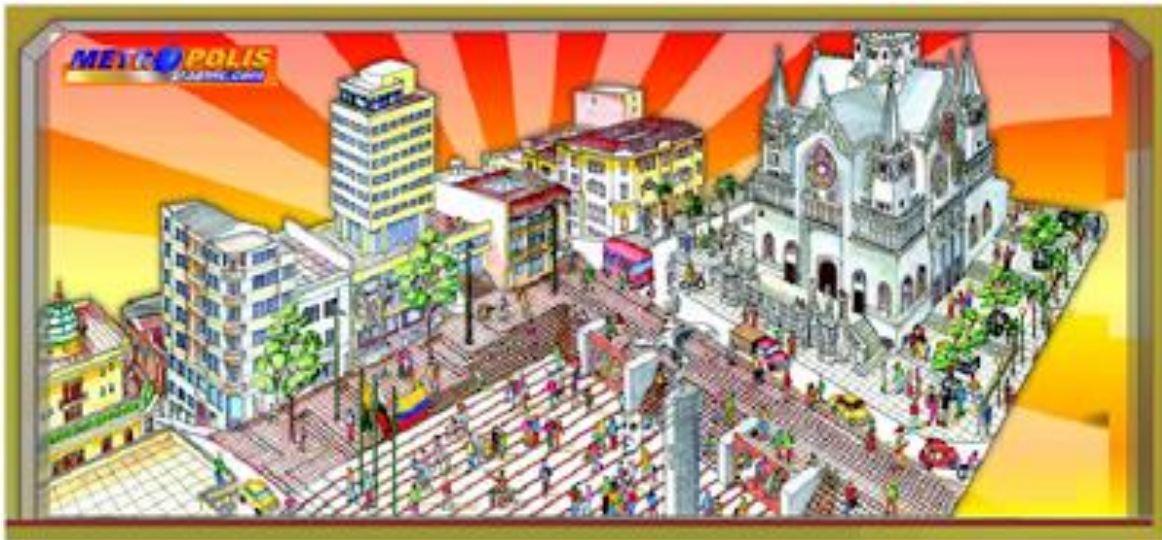
Sobre la viabilidad de un proceso bien orientado hacia semejante objetivo, no caben dudas ahora ni cabrán excusas mañana: desde 2003 miembros de la sociedad civil, la academia,

ONG y organizaciones sociales de base, promovieron un cabildo abierto sobre el agua en Manizales, proceso aún vigente en el que a partir de medio centenar de ponencias iniciales, se siguen tratando temas como: Río Blanco, cuenca del Chinchiná, PNN los Nevados, zonas de interés ambiental, gestión del riesgo, saneamiento ambiental, tasas retributivas, SSPP públicos rurales y urbanos, manejo de residuos sólidos, lixiviados del relleno sanitario, y minería en cuencas abastecedoras, entre otros.

* [Ref: Manizales, La Patria, 2013-01-7] Imagen: Ave emblemática de Manizales, el barranquillo o barranquero, en: casadrake.com

Un nuevo modelo urbano

Entre los desafíos regionales y locales que deberán enfrentar nuestros planificadores, está el de estructurar la subregión Centro-Sur, en el marco de un nuevo ciclo de 12 años de los Planes de Ordenamiento Territorial que obliga a pensar dicho territorio al año 2024, y de la nueva Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, la LOOT, que pasa del enfoque municipal al de regiones y asociaciones de municipios, contemplando aspectos estructurales como la gestión integral del riesgo y el manejo responsable del medio ambiente, temas en los que nuestra ciudad muestra una notable dicotomía cuando vemos el deficitario manejo de nuestras cuencas y bosques, a pesar de los notables desarrollos en el tema de los riesgos.



Al respecto, los cinco municipios que comprenden la capital caldense y su entorno, donde la principal asimetría parte de la concentración del PIB y la población en Manizales, los entes territoriales ya han explorado temas estratégicos para sus comarcas y las formas de organización posibles, tras meses de actividades ininterrumpidas de varios actores sociales estratégicos, entre los que han brillado por su encomiable labor, concejales y consejeros territoriales atentos a honrar la responsabilidad que se les ha encomendado.

No obstante, temas sustantivos para resolver la integración, como son el agua, las cuencas, la inversión, los servicios públicos, la movilidad y la vocación de los entes territoriales como elementos clave para decidir sobre la asignación de las funciones metropolitanas y usos del suelo, dependerán del modelo urbano, más que de la figura de integración para la cual la Ley, que ofrece alternativas insuficientes, urge cambios estructurales, razón por la cual habrá que desplegar fundamentos conceptuales y mucha creatividad.

Ya no son los tiempos de la ciudad industrial de la primera mitad del siglo XX; ahora las economías que siguen siendo fundamentalmente urbanas, se han tercerizado, al tiempo que las zonas rurales sobre el eje Pereira-Manizales, desde los años 70 se han rururbanizado, mientras el modelo urbano difuso se fue acentuando: a la par que se especializaban las funciones urbanas demandando cuantiosas inversiones en avenidas para su articulación, en la periferia los predios rurales, antes fincas con clara vocación agropecuaria, se destinaron al

recreo, la plusvalía o la especulación, por comerciantes y profesionales como nuevos dueños, cuya actividad económica fundamentalmente resulta urbana.

Pero la tendencia en el medio citadino, ahora cuando las grandes superficies comerciales con sus equipamientos tecnológicos y variada oferta de servicios dispuestos de forma estética, segura y confortable, se multiplican capturando el interés de ciudadanos que van mutando al campo del consumo, es el de la ciudad insolidaria donde el espacio público usurpado por la informalidad se ha degenerado, y en la que proliferan los guetos, tanto para los pobres de las conflictivas barriadas populares, como para las clases pudientes que se encierran en exclusivas unidades residenciales, unos y otros como máxima expresión de una sociedad profundamente fragmentada.

Mientras no entendamos las relaciones entre ciudad y campo, entre lo rural y lo urbano, y no comprendamos que la suerte de Manizales igual pasa por Neira que por Pereira, nuestra ciudad continuará postrada a esas leyes del mercado dominante propias del actual modelo de desarrollo, que en nombre de la competitividad, tras haber debilitado al Estado, agotará el agua disponible, envenenará suelos de cultivo y concentrará la riqueza hasta niveles francamente insostenibles.

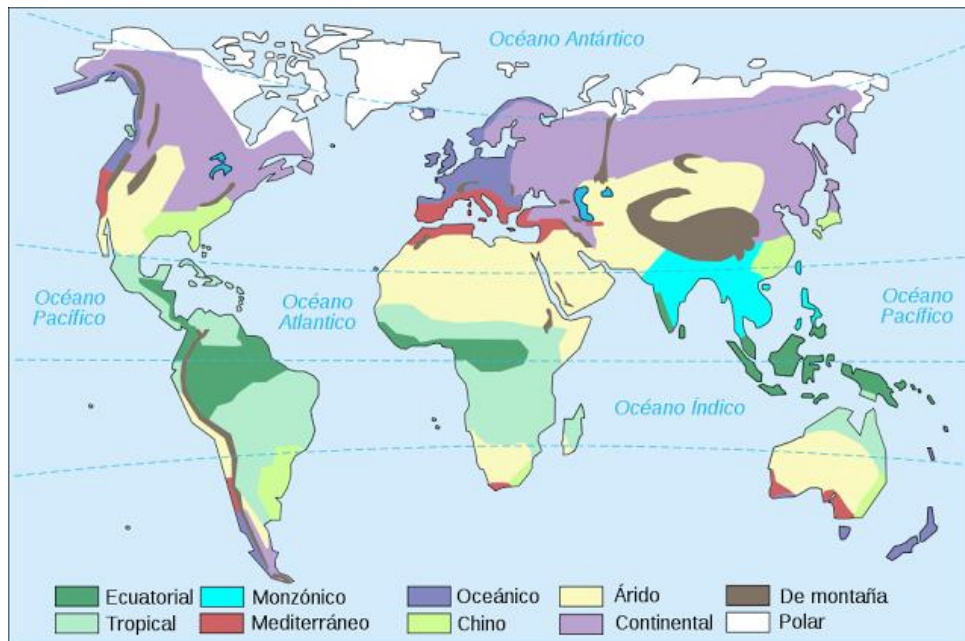
Así las cosas, surge la necesidad de repensar el modelo urbano en que se soportará la subregión Centro-Sur a la luz de las nuevas visiones y teorías de la planificación no cartesiana, para abatir los profundos conflictos del ordenamiento que han dado cuenta de las limitaciones de la ley colombiana, en pro de un territorio sostenible, solidario y competitivo, en el que las tradicionales áreas metropolitanas concebidas como una capital hegemónica, autosuficiente y autocontenida, sitiada por poblados satelitales subordinados, de segunda categoría y erróneamente considerados como funcionalmente inocuos, deben dar paso a territorios equivalorados con competencias complementarias vitales, con identidad cultural, donde se priorice el desarrollo humano, y en el que los entes territoriales articulados hacia adentro y hacia afuera, respondan a una estructura sistémica.

De surtir efecto el nuevo modelo, bajo la premisa de un buen diagnóstico como línea de base y unas visiones regionales afortunadas, antes que competir entre sí las ciudades capitales y

marginar comunidades rurales del entorno metropolitano cafetero, con el desarrollo de una red de núcleos urbanos autosuficientes, gracias a la democratización de la infraestructura de servicios y productiva, tanto a nivel de comunas como de los pequeños poblados, surgirá un sistema de movilidad que reduciendo los tiempos de transporte de la casa al trabajo y por lo tanto los viajes motorizados, acercará las oportunidades ciudadinas a la provincia y facilitará la expansión de servicios de alta complejidad, en virtud de la complementariedad de las economías regionales.

[Ref: La Patria/ Manizales, 2112-12-10] Imagen: Plaza de Bolívar de Manizales. Metrópolis Graphic.com

Árboles, poblaciones y ecosistemas



RESUMEN: Este documento sobre el papel de los árboles como sumideros de carbono y la importancia de los bosques tropicales, se complementa con información relacionada con las

problemáticas del territorio asociados a la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco hoy amenazada por daño severo e irreversible para satisfacer apetitos del mercado inmobiliario, ha sido preparado para nutrir las lecturas del Contexto de CTS de la Universidad Nacional de Colombia y el trabajo cívico de la SMP de Manizales como integrante del colectivo ambiental Todos Somos Río Blanco.

Las especies arbóreas que se estiman en 60 mil a nivel global, de las cuales la mayoría son tropicales, equivalen 1/5 de todas las especies de plantas terrestres. En Colombia, donde contamos con 7.500 de ellas, el hábitat natural de algunas se ha reducido el 80 por ciento: es el caso de maderables finos como Abarcos, Caobas y Cedros, y de árboles importantes para otros usos, como el Canelo de los Andaquíes y el Palorosa, que son las 5 más amenazadas, a las que se suman 10 más: Molinillo, Almanegra, Mangle Nato, Roble, Guayacán, Marfil, Palma de cera de la Zona Cafetera, Nolí o Palma americana, Palma de moriche, y Mararay de San Carlos. Nombres como Guaduas, Arbolocos, Alisos, Tulipanes, Pino colombiano y Arrayanes, evocan también valores culturales y usos económicos y ambientales del árbol.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, que en la pasada década planteaba sembrar 1 árbol por habitante del planeta, busca proteger las áreas más biodiversas donde muchas de las especies endémicas están en peligro de extinción. Según la Universidad de Yale, aunque tenemos un per cápita global de 422 árboles, a través de la explotación forestal y de actividades como la agricultura, la ganadería o la minería, cada año derribamos alrededor de 15 mil millones de árboles, y en el comercio de madera mundial, de conformidad con la WWF, la ilegalidad representa 7.000 millones de dólares al año.

En este planeta donde el tráfico ilegal podría representar el 75% del comercio de madera en 2017 según la WWF, aunque somos el país más biodiverso por kilómetro cuadrado, aún deforestamos 200 mil hectáreas por año y nuestro escenario de riesgos contempla pasivos ambientales por procesos como: sobreexplotación en las selvas, incendios forestales y talas intensivas para expandir la frontera agrícola y urbana o extender potreros, además de plagas de insectos y enfermedades forestales; fenómenos todos cuyas consecuencias han sido la

pérdida del hábitat de especies y ecosistemas, además de caos en la regulación del ciclo del agua, y de erosión del suelo por acción de vientos y escorrentías, lo que se traduce en desertificación y desastres por ocurrir.

Si en Colombiana, dado que el 74% de la población habita ciudades y cabeceras, falta conocer de las interacciones en el trópico andino entre ecosistemas urbanos y entornos suburbanos y rurales asociados, y profundizar en el conocimiento de la distribución de los árboles para comprender la biosfera terrestre y mejorar el hábitat, también en Manizales, donde una gestión histórica el Honorable Concejo Municipal acoge el clamor mayoritario de un Cabildo abierto que reclama poner freno a las regresiones ambientales del modelo de expansión urbana, nuestra planificación deberá desarrollar una política pública con estrategias de adaptación al cambio climático y suministro de servicios ambientales, además de acciones para recuperar cuencas y rondas hídricas deforestadas, y prevenir la fragmentación de bosques que amenaza nuestra biodiversidad.

Adicionalmente, desde la academia deberemos investigar sobre los ecosistemas urbanos y su relación con la estructura ecológica en este fragmento del medio tropical andino, con su particular clima, laderas inestables y ambiente vulcano-tectónico, como fundamento del bienestar general con el objeto de lograr un desarrollo tecnológico autóctono que le ofrezca solidez ecológica a las transformaciones del medio natural a través de la cultura, sin comprometer el ecosistema al satisfacer las demandas del territorio, mediante la creación de elementos para la arquitectura del paisaje, la regulación acústica, térmica y lumínica, la química ambiental y ecología de los ecosistemas, la calidad del aire y del clima, y la estabilidad de los suelos en laderas y cauces de protección.

[Ref.: La Patria. Manizales, 2017.10.9] Imagen: Zonas climáticas del mundo, en <https://commons.wikimedia.org/>

RELACIONADOS:

Textos "verdes". Recopilación temática de documentos U.N., con autoría y coautoría de Gonzalo Duque Escobar.

Diálogos con el territorio y gestión del riesgo natural. Módulo de Gonzalo Duque Escobar, dictado en la Especialización en Geografía, Ordenamiento Territorial y Manejo del Riesgo Natural, de la Universidad de Caldas.

El Ruiz continúa dando señales...



RESUMEN: El Ruiz es un volcán activo en estado ON, que según investigadores del Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas), registra alrededor de 12 etapas eruptivas en los últimos 11 mil años. Pero dada la actividad sísmica sentida en el área de influencia del volcán, el observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales recomienda mantener la "alerta amarilla" y atender las medidas de previsión y prevención correspondientes, según los riesgos al que están expuestos los pobladores de conformidad con el mapa de amenazas potenciales del Volcán.

Un sismo ocurrido el viernes 7 de octubre a las 15:34 hora local asociado al volcán Nevado del Ruiz y con magnitud 4,2 en la escala de Richter, según el Servicio Geológico Colombiano, fue sentido en Manizales, Chinchiná y Villamaría (Caldas), en Herveo, Vistahermosa y Murillo (Tolima), y en Santa Rosa, Dosquebradas y Pereira (Risaralda).

Aunque el evento ocurrido a tan solo 5,4 kilómetros de profundidad y epicentro 4,4 km al norte del cráter, necesariamente no es erupción inminente, dada su naturaleza volcanotectónica al estar asociado a fracturamiento de rocas dentro del edificio volcánico, si obliga a mantener las previsiones a que da lugar el estado de alerta amarillo.

Igualmente en Febrero 6 del presente año a las 20:39 también se había presentado otro sismo de similar naturaleza con 3,6 magnitud en el Volcán Nevado del Ruiz, a una profundidad de 4,9 kilómetros, que fue sentido por los habitantes en el área de influencia del volcán, razón por la cual se recomendó estar atentos a la evolución de los procesos.

Mientras la Unidad de Gestión del Riesgo de Manizales realizó un recorrido por diferentes puntos de la ciudad sin advertir incidentes por el temblor, las autoridades de Caldas y Tolima han recomendado mantener el estado de alerta correspondiente al citado nivel III de amenaza, de conformidad con las dinámicas del fenómeno volcánico.

Si lo normal en un volcán activo como el Ruiz que sigue en actividad emitiendo pulsos de cenizas y gases, es erupcionar, también parece sensato esperar eventos cuyo alcance espacial se aproxime a las previsiones señaladas en su mapa de amenazas, para prevenir desastres como el ocasionado con la erupción del 13 de noviembre de 1985, cuando desapareció Armero.

Entre tanto, la comunidad que recuerda la citada tragedia, conocedora del eficiente desempeño de los miembros del Observatorio Vulcanológico y quien ha estado preparándose durante lustros, guarda la calma y continúa presta a acatar las medidas de previsión, y a seguir las instrucciones de los Comités de Emergencia.

A pesar de los eventos históricos de 1595 y 1845, y de los efectos destructivos de los flujos de lodo del 13 de noviembre de 1985, el riesgo actual ya no resulta ser tan determinante, gracias a la preservación de los usos del suelo previniendo la ocupación conflictiva a lo largo de las vaguadas de los ríos afectados hace 30 años, y a la existencia del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

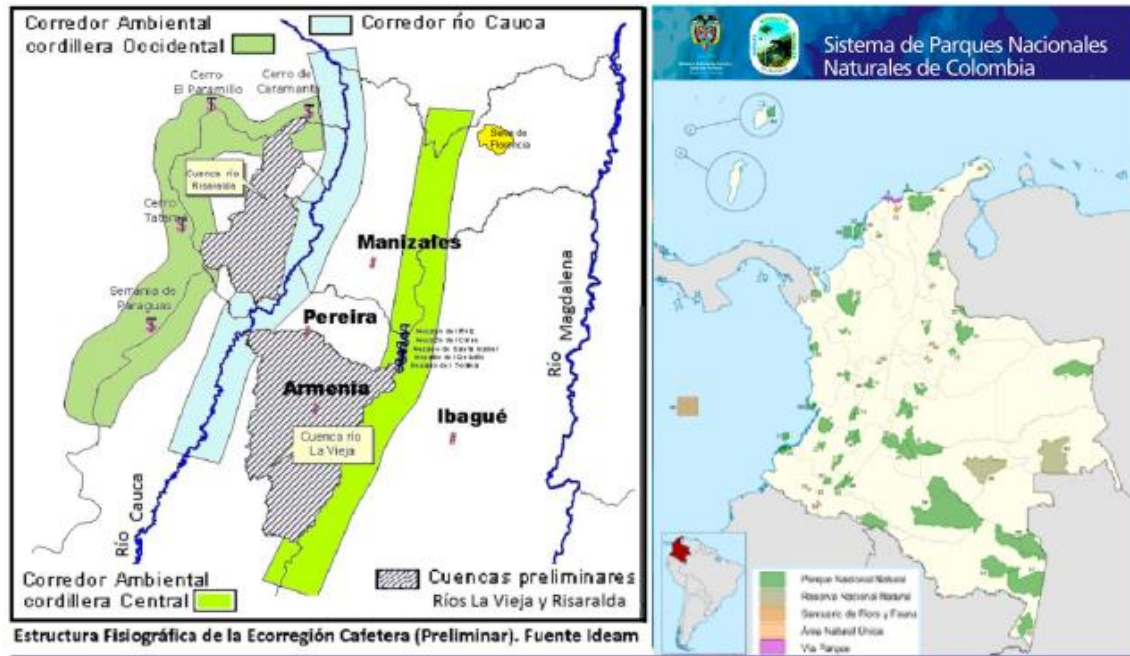
Prehistoria Geológica

En el Pleistoceno, hace 1,8 millones de años, según Jean-Claude Thouret; Armando Murcia y Rosalba Salinas, tienen lugar las primeras erupciones, que corresponden al período ancestral que dura entre 0,8 a 1,0 millones de años, en el que se forma un complejo de grandes estratovolcanes que colapsan, quedando calderas de entre 5 y 10 km de diámetro. Continúa el período antiguo que dura entre 0,8 a 0,2 millones de años, en el que se desarrolla un nuevo complejo de grandes estratovolcanes que incluyen lo que era entonces el Ruiz, el Tolima, el Quindío, y el Santa Isabel; luego entre hace 0,2 y 0,15 millones de años, una vez más se formaron calderas explosivas en sus cumbres.

Finalmente, según dichos investigadores, entra el período presente hace aproximadamente 150.000 años, en el que se desarrolla el actual edificio volcánico a través del emplazamiento de domos andesíticos y dacíticos, en medio de las viejas calderas. Según Ingeominas, durante los últimos 11.000 años, el Ruiz ha tenido cerca de 12 etapas eruptivas con múltiples corrimientos de tierra, flujos piroclásticos y lahares, en las que se ha dado la destrucción parcial de los domos de la cima. Las erupciones importantes datadas por radiocarbono concluido el Holoceno y ya en el Antropoceno, son del 6660 a. C., 1245 a.C±150 años, cerca del 850 a. C. y 200 a.C±100 años, así como del 350 d.C±300 años y 675 d.C±50 años.

(Ref: Revista Eje 21. 2016/10/8) Imagen: V. N. del Ruiz. Fuente: www.eltiempo.com

Cuatro PNN, patrimonio natural de la Ecorregión Cafetera



Cuenta este deforestado territorio en su valioso patrimonio natural con cuatro Parques Nacionales Nacionales PNN: el de los Nevados, el Tatamá, la Selva de Florencia, y el Santuario de Fauna y Flora Otún-Quimbaya. El Páramo de Tatamá, junto con los páramos del Sol en Frontino y El Duende que hospeda el Cerro Calima, son los únicos tres páramos de Colombia que no han sufrido alteración humana. Esto, a pesar de que según la Ley 99 de 1993, Art.1.N4 "Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos, serán objeto de protección especial". Apoyados en la información del Sistema de Parques, veamos dicho valioso y amenazado patrimonio.

Primero, por su importancia tenemos el Parque de los Nevados, un ecosistema con volcanes activos que se encumbran hasta 5311 msnm, y una extensión de 583 kilómetros cuadrados, cuyo 80% lo constituye el ecosistema de páramo con sus frailejones, pajonales y humedales, que gracias al "león dormido" con sus inequívocas señales, solamente permite el ingreso por el sector de Brisas hasta el Valle de las Tumbas. Allí, al cuidado de los guías del majestuoso escenario, los visitantes encuentran además del cóndor andino, el periquito de los nevados, el pato andino y varias especies de colibríes: como el chivito de páramo endémico de la región y único en el mundo. Pero en la espesura, hay dantas, venados, tigrillos, pumas y

perezosos. Además de multitud de aves, exóticos paisajes y aguas termales, se destacan el “cacho de venado” como planta endémica del superpáramo; los “colchones de agua” en humedales; y la palma de cera del Quindío en los bosques alto andinos o de niebla.

Segundo, en el poniente aparece El Tatamá ubicado sobre el parteaguas de la confluencia entre el Pacífico Biogeográfico y el Eje Cafetero, lugar indómito de 519 kilómetros cuadrados visible por el imponente cerro tutelar del mismo nombre a 4200 msnm, dotado de un páramo virgen que ofrece refugio a sus ecosistemas y hábitat de mamíferos de la fauna endémica de los Andes que gozan del beneficio de este territorio preservado. Según Parques Nacionales, Tatamá alberga: en aves, 51 familias, 270 géneros y 402 especies; en mamíferos registrados, 110 especies pertenecientes a 67 géneros; en reptiles con registro, 108 especies, pertenecientes a 51 géneros y 9 familias; y además del anturio negro, 564 especies y morfoespecies de orquídeas, y varias especies arbóreas en peligro de extinción.

En tercer lugar, tenemos entre Samaná y Pensilvania lo que describen los expertos como “una mancha de bosque nublado, de colinas ondulantes y vegetación tupida y enmarañada” para referirse al Bosque de Florencia, un frágil relictos de bosque fluvial declarado PNN en 2005, que con 100 kilómetros cuadrados de superficie y altitudes entre 850 y 2400 msnm, sobresale por un endemismo que involucra al 71% de sus especies de ranas, y poseer más de la mitad de estos anfibios registrados en la Cordillera Central. Su mayor amenaza, es la pobreza circundante, que con nuestra indiferencia no hemos resuelto en la región más olvidada de Caldas, donde los campesinos magdalenenses aún esperan la Carretera del Renacimiento entre Sonsón-La Dorada que cruza el Samaná por Puente Linda, en límites de Antioquia y Caldas.

Y finalmente el Santuario de Fauna y Flora Otún-Quimbaya, ubicado sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central, un área protegida para el departamento de Risaralda con sólo 489 hectáreas declarada PNN en 1996, que se integra al Parque de los Nevados en la cuenta alta del río Otún, donde cerca del 90 % del área resguardada corresponde a bosques naturales; todo esto gracias a la decisión responsable de los pereiranos que los ha llevado a buscar la perpetuación de los servicios ambientales aportados a su ciudad por la cuenca de

su río tutelar, dando una lección que podríamos aprender en Manizales para que hagamos lo mismo declarando PNN la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco, en lugar de declarar irresponsablemente áreas de expansión urbana los anillo de contención de nuestras reservas protectoras buscando llevar la ciudad hasta su frontera, como si la "jungla de concreto" tuviese la capacidad de amortiguar los severos impactos urbanos sobre los ecosistemas y la estructura ecológica que nos protege del cambio climático.

{Ref.: La Patria. Manizales, 2017/08/14} Imagen: Estructura Fisiográfica de la Ecorregión Cafetera (IDEAM) y Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

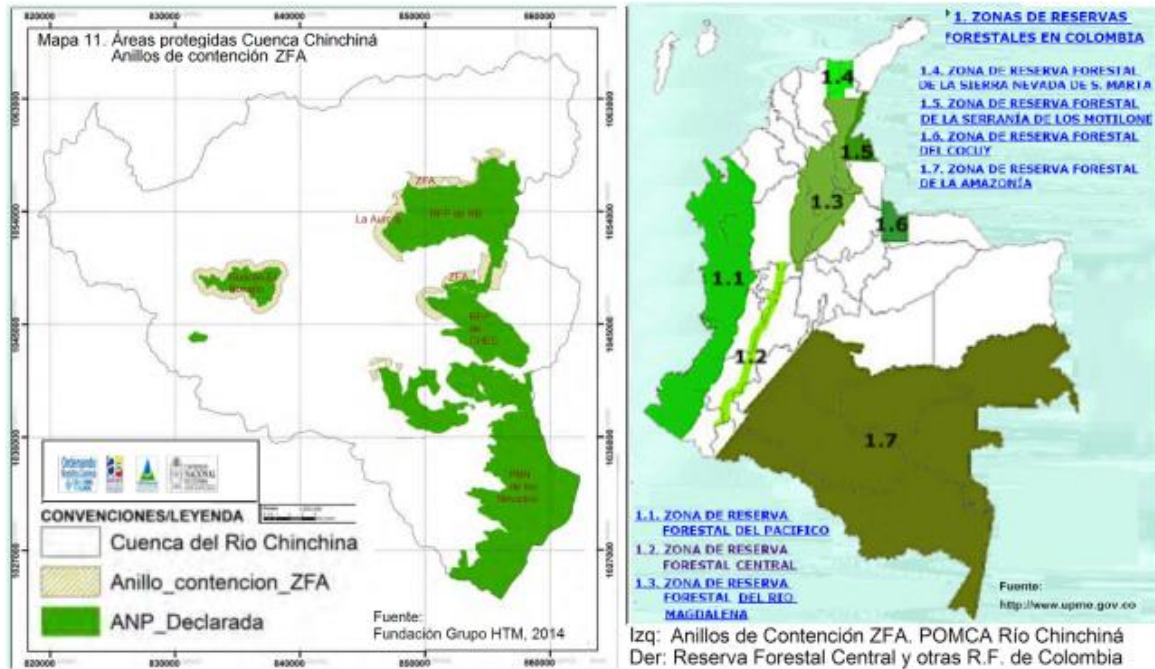
RELACIONADO:



Textos "verdes". Recopilación temática de documentos U.N., con autoría y coautoría de Gonzalo Duque Escobar.

Conflicto socioambiental en la Reserva de Río Blanco

RESUMEN: *Este documento sostiene que para prevenir un ecocidio, el Estado debe reintegrarle al Anillo de contención ZFA de la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco y La Quebrada Olivares la función ecológica y social de la propiedad, para que se puedan amortiguar los impactos provenientes de Manizales sobre dicho ecosistema vulnerable y estratégico, declarar espurios la sustracción de estos predios de la Reserva Forestal Central y la declaratoria de Zona urbana hecha en el POT de 2003 para el sector de La Aurora y Betania, por entrar en conflicto severo con los derechos de la dicha reserva protectora, máxime ahora cuando el nuevo POT los excluye como Zona de Expansión Urbana, y ordenar acciones a través de la CAR Corpocaldas y el Municipio de Manizales para prevenir daños progresivos, irreversibles y severos sobre el ecosistema y los servicios ambientales, todo en cumplimiento del derecho ambiental consagrado en la Ley 165 de 1994 y la Constitución Política de Colombia, el cual fue vulnerado por actos planeados para capturar la plusvalía urbana, pretendiendo llevar la ciudad hasta la frontera de una reserva protectora que perdería su Anillo de contención ZFA, transgrediendo los principios rectores de la Ley 388 de 1997. Dice ésta: "Artículo 2º.- Principios. El ordenamiento del territorio se fundamenta en los siguientes principios: 1- La función social y ecológica de la propiedad. 2- La prevalencia del interés general sobre el particular. 3- La distribución equitativa de las cargas y los beneficios."*



En Colombia existe la Zona de Reserva Forestal Central, un corredor de la Cordillera Central, desde el Norte de Nariño hasta el Sur de Antioquia, que cubre 15 km por cada costado de la divisoria de aguas. En esa extensa zona del país existen varias áreas de interés ambiental: reservas forestales productoras, protectoras y de uso mixto; parques naturales como el PNN de los Nevados, y otras áreas como distritos de suelos y territorios de comunidades indígenas. En el caso de Río Blanco, estamos hablando de una Reserva Forestal Protectora, un ecosistema estratégico provisto de una Zona con Función Amortiguadora ZFA, necesaria y con funciones de Ley para su protección.

El Ministerio del MAyDS, permite extraer áreas de aquel gran territorio cordillerano, cuando no pertenezcan a áreas o reservas forestales protectoras y que estén con uso urbano en el POT, razón por la cual la Secretaría de Planeación de Manizales solicitó en 2010 ante el Ministerio de MAyDS, que fuera sustraída La Aurora por estar por fuera de la reserva de Río Blanco y haber sido declarada suelo de expansión urbana en el POT de 2003. Dicha solicitud se aprueba en el 2013, quedando La Aurora sustraída de la Reserva Forestal Central de Colombia, pero sin contemplar que dicho predio, aunque estaba por fuera de una reserva protectora y era suelo urbano, al hacer parte del Anillo de contención ZFA de una Reserva

Forestal Protectora, debía cumplir una función social y ecológica fundamental, protegiendo un ecosistema en sumo grado vulnerable y estratégico, máxime ahora dada la amenaza del calentamiento global.

De ahí el conflicto que ahora surge entre urbanizadores y ambientalistas: los primeros interesados en una seguridad jurídica que les permita capturar la plusvalía urbana en un predio de 56 hectáreas, y los segundos argumentando el daño progresivo, irreversible y severo que por consideraciones ecológicas y deterioro de servicios ambientales, detonaría como consecuencia de una normativa que permite construir inicialmente una ciudadela para 2400 unidades familiares, ocupando 12,5 hectáreas donde se van a instalar 10 mil habitantes, y luego otras más cuando terceros invocando el Principio de Igualdad lo soliciten, amparados en las decisiones que han vulnerado el derecho ambiental y documentando actuaciones de oficio que sólo ayudan a mitigar la presión ambiental al interior de la urbanización en el Anillo de contención ZFA, olvidando lo fundamental que es su función amortiguadora de impactos entre ciudad y reserva.

Si la huella ecológica promedio en Colombia es de 2 hectáreas por persona, huella que en Estados Unidos puede ser 4 a 5 veces superior y en Europa el triple, o en África la mitad por tratarse de países más pobres, los habitantes que llegarían allí usando carro van a tener más de 2 hectáreas per cápita, porque en Colombia el habitante promedio no lo tiene, entonces los 10 mil habitantes de la ciudadela van a tener más de 20 mil hectáreas de huella ecológica, valor preocupante ya que la reserva tiene menos de 5 mil hectáreas de superficie, y mucho más cuando otros urbanizadores, o la misma empresa que apenas va a construir en 12,5 hectáreas de 56 que son de su propiedad, gracias a la jurisprudencia que favorece a Tierraviva, desarrollen otras ciudadelas en el Anillo de contención ZFA.

Lo anterior permite ilustrar la progresividad del daño, así: un supuesto de 5 ciudadelas de 10 mil habitantes establecidos en la Zona con Función Amortiguadora ZFA, lo que significaría 50 mil habitantes con más de 100 mil hectáreas de huella urbana, cuantía 20 veces superior al área de la reserva, permite valorar la fragilidad de dicho ecosistema protector frente a la huella ecológica. Y si hablamos en términos de densidad urbana, parámetro que en

Manizales es de 40 mil habitantes por milla cuadrada, entonces en el caso de Tierraviva los 10 mil habitantes ocupando 12,5 hectáreas, darían una densidad de 204 mil habitantes por milla cuadrada, cuantía que también superaría la densidad urbana de Estados Unidos donde la densidad de las ciudades es de 15 mil habitantes y la de Europa que llega a 55 mil habitantes por cada milla cuadrada.

Entonces, desde la perspectiva jurídica habrá que argumentar que en La Aurora, por tratarse de un predio con función amortiguadora de conformidad con lo que señala el POMCA en las Páginas 30 y 31 del documento de Zonificación Ambiental en la versión de Julio de 2017, en defensa de dicha Reserva Forestal Protectora habrá que invocar el *Principio de Precaución*, ya que como consecuencia de los actos administrativos cuestionables que se han tomado para sustraer, invertir usos y licenciar tierras, la propiedad no puede cumplir la función ecológica y social que le corresponde, a la luz de la *Constitución Política Colombiana* (Cap 3), entre ellos el haber declarado urbano un uso rural condicionado a preservar una Reserva Protectora. Preguntamos entonces, ¿acaso no es un contrasentido, el que la Autoridad Ambiental crea posible que con obras de urbanismo al interior de un Anillo de contención ZFA, se puedan amortiguar los impactos de una ciudad sobre el bien que se protege, es decir llevando la ciudad hasta la propia reserva?

Se pierde la función ecológica, porque la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco, alberga especies endémicas, vulnerables y en peligro de extinción, que son patrimonio de la humanidad. Al respecto, el Plan de Manejo de dicha cuenca, las enuncia y prioriza. En Río Blanco, existen 372 especies de aves, de las cuales 13 son endémicas, 15 migratorias y 13 están amenazadas; se tienen 41 especies de mamíferos registrados y más de 180 especies de mariposas diurnas; además de 40 especies de orquídeas nativas, y es hábitat natural del Anturio Negro, la Palma de Cera, los Cartuchos, Las Bromelias, el Siete Cueros y el Yarumo Blanco, entre otros.

Y en cuanto a la función social, porque se estarían afectando de forma severa e irreversible los servicios ambientales, dado que al abrirse por esta vía jurídica la progresividad del daño, con la "jungla en concreto" ocupando la zona con función de amortiguamiento ZFA, a

diferencia del bosque natural y unos usos propios de comunidades rurales ancestrales y de baja carga poblacional, dicha transformación con usos urbanos intensos modificaría el funcionamiento de los bosques de niebla al alterarse el microclima, y de paso con la contaminación lumínica, del aire, del suelo y del agua, también cambiarían, además de las dinámicas de las cadenas tróficas, los ciclos biogénéticos del agua, del carbono, del nitrógeno y del oxígeno.

Es que cambiando el albedo asociado a la radiación solar, la precipitación, la evapotranspiración y la infiltración, al igual que la temperatura ambiental, un medio construido y habitado, con techos, pavimentos y vehículos, ecológicamente no responde de igual manera, ni aporta a la necesaria adaptación al cambio climático, que el bosque nativo y las áreas rurales con baja carga humana y procesos agroforestales, artesanales y limpios, usos estos que sí responden a las demandas ambientales de un Anillo de contención ZFA.

Dicho lo anterior, se estaría ante un caso en el cual por las decisiones del Estado se viola el protocolo de Río+20, la Constitución Política de Colombia y la Ley 165 de 1994, tres asuntos por los cuales aplica el Principio de Precaución que está contemplado en la Ley 99 de 1993, y que dice: "cuando una actividad hace surgir amenazas de daño para el medio ambiente o la salud humana, se deben tomar medidas de precaución, incluso si no se han establecido de manera científica plena algunas relaciones de causa-efecto".

La evocación del principio respalda la adopción de medidas protectoras para la Reserva de Río Blanco, ante la sospecha fundada del riesgo grave y no mitigable para el medio ambiente, sin que se cuente todavía con una prueba científica definitiva de tal riesgo. Al fin de cuentas se trata de un asunto en el cual se especula con la plusvalía urbana sin importar los costos asociados a la depredación del medio ambiente. Esto, primero que todo, para que el Estado le retorne el carácter sustraído a La Aurora por el Ministerio en 2013, anule los actos administrativos que vulneran la Reserva, defina con claridad la extensión suficiente del Anillo de contención ZFA ubicado a un kilómetro de la ciudad de Manizales, y ordene las acciones que garanticen la función amortiguadora del citado predio; y segundo, para que a nivel departamental y urbano, se implemente una política pública ambiental integral e

incluyente, con enfoque de biodiversidad y de cara a la gestión del riesgo, en la que cuenten hábitats humanos y ecosistemas naturales.

Finalmente, el Plan Parcial de La Aurora, formulado y gestionado para construir la ciudadela Tierraviva ocupando el Anillo de contención ZFA de la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco, al sustraerle la función amortiguadora al predio perimetral necesaria para satisfacer el objeto social y ecológico de dicha área de interés ambiental, y al permitir la privatización de los beneficios a favor de empresas constructoras socializando los costos para que los asuman la Reserva y los habitantes de Manizales, además de desconocer el Capítulo 3 de la Carta donde trata "De los Derechos Colectivos y del Ambiente", viola los principios rectores de la Ley 388 de 1997. Dice ésta: "Artículo 2º.- Principios. El ordenamiento del territorio se fundamenta en los siguientes principios: 1- La función social y ecológica de la propiedad. 2- La prevalencia del interés general sobre el particular. 3- La distribución equitativa de las cargas y los beneficios."


Referencia:

Documento de la SMP de Manizales, con Coautoría de Claudia Torres Arango.

Imagen:

Cuenca del Río Chinchiná mostrando las áreas de Interés Ambiental, según Corpocaldas; y zonas de las grandes Reservas Forestales de Colombia, según UPME.

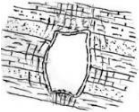
LOS AUTORES:

	<p>Carlos Enrique Escobar Potes: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000068284</p> <p>Gonzalo Duque Escobar: https://godues.wordpress.com/2012/09/12/gonzalo-duque-escobar-cvlac-rg/</p>
---	--

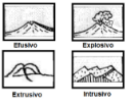
TEXTOS U.N.



Geomecánica. Duque-Escobar, Gonzalo y Escobar P., Carlos-Enrique (2016). Programa de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.



Manual de geología para ingenieros. Duque-Escobar, Gonzalo (2017). Fundamentos geología física y de Colombia. Universidad Nacional de Colombia



Fisiografía y geodinámica de los Andes de Colombia. Duque Escobar, Gonzalo and Duque Escobar, Eugenio (2016)



Textos "verdes". Recopilación temática de documentos U.N., con autoría y coautoría de Gonzalo Duque Escobar.

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</p>  <p>Geotecnia para el trópico andino http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/</p> <p><u>Carlos Enrique Escobar Potes</u> <u>Gonzalo Duque Escobar</u></p> <p>Manizales, 2017.</p>
<p>A la Universidad Nacional de Colombia en sus 150 años.</p>	